

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 15.03.06 мехатроника и робототехника  
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

| Тема работы                            |
|--|
| <b>Разработка стенда «Трубопровод»</b> |

УДК 001.891.54-043.61:621.643

Студент

| Группа | ФИО                     | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 8Е41   | Ралдугин Антон Павлович |         |      |

| Должность        | ФИО                          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Руководитель ВКР | Мамонова Татьяна<br>Егоровна | к.т.н.                    |         |      |
| Руководитель ООП | Мамонова Татьяна<br>Егоровна | к.т.н.                    |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность               | ФИО                        | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП<br>ТПУ | Петухов Олег<br>Николаевич | к.э.н.                    |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО                       | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Авдеева Ирина<br>Ивановна |                           |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Должность        | ФИО                           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Руководитель ОАР | Леонов Сергей<br>Владимирович | к.т.н.                    |         |      |

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код рез-та              | Результат обучения<br>(выпускник должен быть готов)  | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон   |
|-------------------------|--|--|
| <i>Профессиональные</i> |  |  |
| P1                      | применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.   | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>  |
| P2                      | воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.  | Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>  |
| P3                      | применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.  | Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                     |
| P4                      | определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем  | Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>  |
| P5                      | планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы. | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| P6                   | понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.  | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                  |
| <i>Универсальные</i> |   |   |
| P7                   | эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды  | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                              |
| P8                   | владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий   | Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>   |
| P9                   | проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду | Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i> |
| P10                  | следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности   | Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>   |
| P11                  | понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.  | Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .  |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Мамонова Т.Е.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                     |
|---------------------|
| Бакалаврской работы |
|---------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО                        |
|--------|----------------------------|
| 8Е41   | Ралдугину Антону Павловичу |

Тема работы:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Разработка стенда «Трубопровод»             |                          |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | №2126/с от 27.03.2018 г. |

|  |               |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 11.06.2018 г. |
|--|---------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Объектом исследования является лабораторный стенд «Трубопровод». Стенд должен обеспечивать проверку методов обнаружения утечек в трубопроводах и позволять проводить с его помощью лабораторные занятия для студентов.</p> |
|---|---|

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести обзор литературы</li> <li>2. Проведение гидравлических расчетов</li> <li>3. Подбор компонентов стенда</li> <li>4. Разработка электрической схемы</li> <li>5. Монтаж компонентов</li> </ol> |
| <p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3D модель стенда</li> <li>2. Схемы стенда</li> </ol>  |
| <p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>  |   |
| <p><b>Раздел</b></p>   | <p><b>Консультант</b></p>   |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>   | <p>Петухов Олег Николаевич, доцент ОСГН, к.э.н.</p>   |
| <p>Социальная ответственность</p>  | <p>Авдеева Ирина Ивановна, ассистент ОКД</p>  |
| <p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>   |   |
| <p>-</p>   |   |

|  |                      |
|--|----------------------|
| <p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p> | <p>01.03.2018 г.</p> |
|--|----------------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность         | ФИО                              | Ученая степень, звание | Подпись | Дата                 |
|-------------------|----------------------------------|------------------------|---------|----------------------|
| <p>Доцент ОАР</p> | <p>Мамонова Татьяна Егоровна</p> | <p>к.т.н.</p>          |         | <p>01.03.2018 г.</p> |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа      | ФИО                            | Подпись | Дата                 |
|-------------|--------------------------------|---------|----------------------|
| <p>8E41</p> | <p>Ралдугин Антон Павлович</p> |         | <p>01.03.2018 г.</p> |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа \_\_\_\_\_  
Направление подготовки (специальность) \_\_\_\_\_  
Уровень образования \_\_\_\_\_  
Отделение школы (НОЦ) \_\_\_\_\_  
Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

|                     |
|---------------------|
| Бакалаврская работа |
|---------------------|

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

|  |               |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 11.06.2018 г. |
|--|---------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)           | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 01.06.2018    | Основная часть  | 60                                 |
| 24.05.2018    | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 20                                 |
| 16.05.2018    | Социальная ответственность                                      | 20                                 |

Составил преподаватель:

| Должность  | ФИО                       | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР | Мамонова Татьяна Егоровна | к.т.н.                 |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Руководитель ООП | ФИО                       | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР       | Мамонова Татьяна Егоровна | к.т.н.                 |         |      |

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 73 страниц, 19 рисунков, 35 таблиц, список используемых источников содержит 29 наименований и приложение на 2 листах.

Ключевые слова: стенды, трубопроводы, утечки, гидравлические расчеты, центробежные насосы.

Цель работы – разработка стенда «Трубопровод» для проведения исследований методов обнаружения утечек, основанных на разности во времени давления.

В выпускной квалификационной работе произведена разработка схемы и модели стенда. Был произведен гидравлический расчет системы и на его основе выбраны необходимые комплектующие. Разработана электрическая схема стенда и выполнен монтаж всех её компонентов.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016; обработка формул производилась в программе MathType 6.9; построение функциональных и принципиальных схем, диаграмм и рисунков осуществлялась в Microsoft Visio 2016; построение 3D модели стенда сделано в САПР Autodesk Inventor 2017.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**Q-Н характеристика:** Графическое отображение зависимости напора насоса от его подачи в координатах  $Q$  [ $\text{м}^3/\text{ч}$ ] /  $H$  [м.вод.ст]. Напорно-расходная характеристика, является основной характеристикой, используемой для выбора насосов;

**рабочая точка насоса:** Точка на пересечении напорно-расходной характеристики с горизонтальной линией, проведённой с точки на оси ординат, которая соответствует развиваемому напору. Чтобы определить фактическую подачу насоса из рабочей точки опускают перпендикуляр на ось подачи (абсцисс);

**подача/Расход ( $Q$  [ $\text{м}^3/\text{ч}$ ]):** Объём воды, подаваемый насосом в единицу времени. Подача насоса определяется рабочей точкой на его характеристике и кроме конструктивных особенностей зависит от частоты вращения рабочего колеса и гидравлической характеристики сети;

**напор ( $H$  [м.вод.ст]):** Разница давлений между входным и выходным патрубком насоса. Напор насоса складывается из высот, которые необходимо преодолеть жидкости.



## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 11 |
| 1 Обзор литературы по тематике ВКР .....                              | 12 |
| 1.1 Обзор используемых методов и датчиков .....                       | 12 |
| 2 Гидравлический расчет стенда .....                                  | 14 |
| 2.1 Описание стенда .....   | 14 |
| 2.2 Выбор труб и материала стенда .....                               | 15 |
| 2.3 Выбор насоса.....   | 22 |
| 3 Электрическая часть стенда.....                                     | 27 |
| 4 Социальная ответственность .....                                    | 36 |
| 4.1 Производственная безопасность .....                               | 36 |
| 4.1.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны .....                   | 37 |
| 4.1.2 Повышенный уровень шума .....                                   | 38 |
| 4.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений;.....             | 39 |
| 4.1.4 Микроклимат; .....  | 39 |
| 4.1.5 Статические перегрузки. ....                                    | 40 |
| 4.1.6 Ожог.....   | 41 |
| 4.1.7 Электробезопасность .....                                       | 41 |
| 4.1.8 Короткое замыкание .....  | 42 |
| 4.1.9 Статическое электричество .....                                 | 42 |
| 4.2 Экологическая безопасность .....                                  | 43 |
| 4.2.1 Воздействие на литосферу .....                                  | 43 |
| 4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....                       | 44 |
| 4.3.1 Пожарная безопасность .....                                     | 44 |
| 4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..... | 44 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.4.1 | Особенности законодательного регулирования проектных решений   | 44 |
| 4.4.2 | Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....   | 45 |
| 5     | Финансовый менеджмент .....  | 49 |
| 5.1   | Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения ..... | 50 |
| 5.1.1 | Потенциальные потребители результатов исследования .....   | 50 |
| 5.1.2 | Анализ конкурентных технических решений .....  | 51 |
| 5.1.3 | SWOT-анализ.....   | 52 |
| 5.2   | Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....  | 54 |
| 5.3   | Планирование научно-исследовательских работ .....  | 55 |
| 5.3.1 | Структура работ в рамках научного исследования .....   | 55 |
| 5.3.2 | Определение трудоемкости выполнения работ .....  | 56 |
| 5.3.3 | Разработка графика проведения научного исследования .....  | 57 |
| 5.3.4 | Бюджет научно-технического исследования .....  | 60 |
| 5.3.5 | Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....                                   | 65 |
|       | Заключение .....   | 68 |
|       | Список использованных источников .....   | 69 |
|       | Приложение А .....   | 72 |
|       | Приложение Б.....  | 73 |

## **Введение**

В настоящее время существует проблема нехватки лабораторного оборудования для проверки и исследования существующих и разрабатываемых методик во многих областях науки. Применительно для нефтегазовой отрасли, существует около 25 методов обнаружения утечек из трубопроводов и для их исследования необходимо задействовать реальный объект, что зачастую невозможно в условиях крупного промышленного производства. [1,2]

Разработка лабораторного оборудования позволяет создать удобный инструментарий для проведения исследований экспериментальных методов в малых масштабах и контролируемой среде без необходимости вмешиваться в производственный процесс.

Целью выполнения данной выпускной квалификационной работы является разработка стенда «Трубопровод», который позволит проводить необходимые исследования методов обнаружения утечки в трубопроводе и лабораторные занятия для студентов Томского Политехнического Университета.

# **1 Обзор литературы по тематике ВКР**

## **1.1 Обзор используемых методов и датчиков**

Рассмотрим некоторые существующие методы обнаружения утечек и применяемые датчики в российских и зарубежных работах.

В настоящее время существует большое количество способов и средств для обнаружения утечек, основанных на различных физических явлениях. Важной задачей на этапе проектирования трубопроводной линии и систем диагностики является определение метода обнаружения утечки, удовлетворяющего предъявляемым требованиям и окружающей среде.

**Метод сравнения расходов** основан на постоянстве мгновенного расхода нефтепродукта в начале и в конце участка трубопровода при отсутствии утечки и установившемся режиме перекачки.

**Метод сравнения изменения скорости расходов** основан на мгновенном изменении скорости расходов в начале и в конце участка трубопровода при появлении утечки, осуществим благодаря установленным на входе и выходе трубопровода измерительным диафрагмам скорости расхода.

**Корреляционный метод** осуществим благодаря использованию двух датчиков (пьезодатчиков), установленных на трубопроводе, измеряющих виброакустический сигнал, генерируемый утечкой.

**Метод акустической эмиссии** основан на регистрации сигналов акустической эмиссии от напряженного состояния стенки трубопровода, микротрещин и от утечки жидкости с помощью высокочувствительных пьезоэлектрических датчиков.

**Метод линейного баланса** основан на постоянстве мгновенного и интегрального значений объемов перекачиваемой жидкости в начале и конце трубопровода при отсутствии утечки и установившемся режиме перекачки [3].

**Метод ударных волн Н.Е. Жуковского** заключается в определении места повреждений в трубопроводе с помощью ударной диаграммы, записанной при гидравлическом ударе, который создан путем быстрого закрытия задвижки в конце участка трубы.

**Модифицированный метод гидравлической локации** основан на регистрации от времени  $\Delta P(t)$ . При значении  $\Delta P(t) \geq 1,2$  кПа, что соответствует уровню шумов в трубопроводе при перекачивании нефти и нефтепродуктов, имеет место утечка на участке трубопровода, пролегающего между двумя перекачивающими станциями [4].

Также к методам постоянного мониторинга утечек относятся волоконно-оптический метод, метод отрицательных ударных волн, метод гидравлической локации утечки, метод понижения давления с фиксированной или скользящей установкой. На практике на точность расчётов местоположения утечки влияет погрешность применяемых средств измерений. Например, высокоточные методы имеют, в среднем точность измерения более 2 км. Погрешность средств измерений неизбежна и значительно влияет на точность расчётов, особенно при расчёте утечек малой величины.

## 2 Гидравлический расчет стенда

### 2.1 Описание стенда

Учебный стенд «Трубопровод» представляет из себя замкнутый трубопроводный контур состоящий из двух резервуаров с водой и двух водопроводных труб (рисунок 1, 2). На каждой трубе установлен насос, перекачивающий воду и поддерживающий давление в системе, и задвижка, оборудованная электроприводом. Также на одной из труб установлены два дифференциальных манометра с электромагнитными клапанами, при помощи которых и проводится исследование метода обнаружения утечки. Системой управляют при помощи реле времени на каждом электромеханическом элементе. Питание осуществляется от сети 220 В.

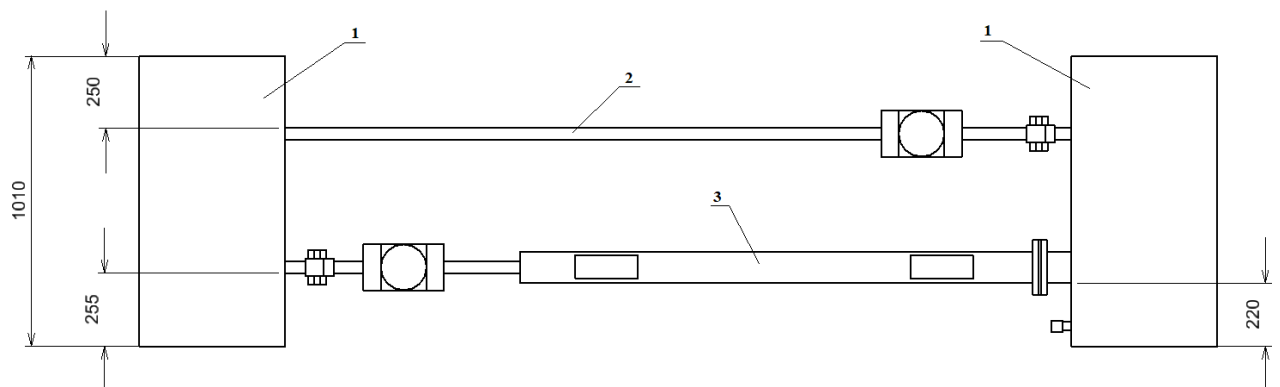


Рисунок 1 – Схема стенда, вид сверху

- 1 – емкости с рабочей жидкостью; 2 – второстепенная (отводящая) труба;  
3 – главная труба.

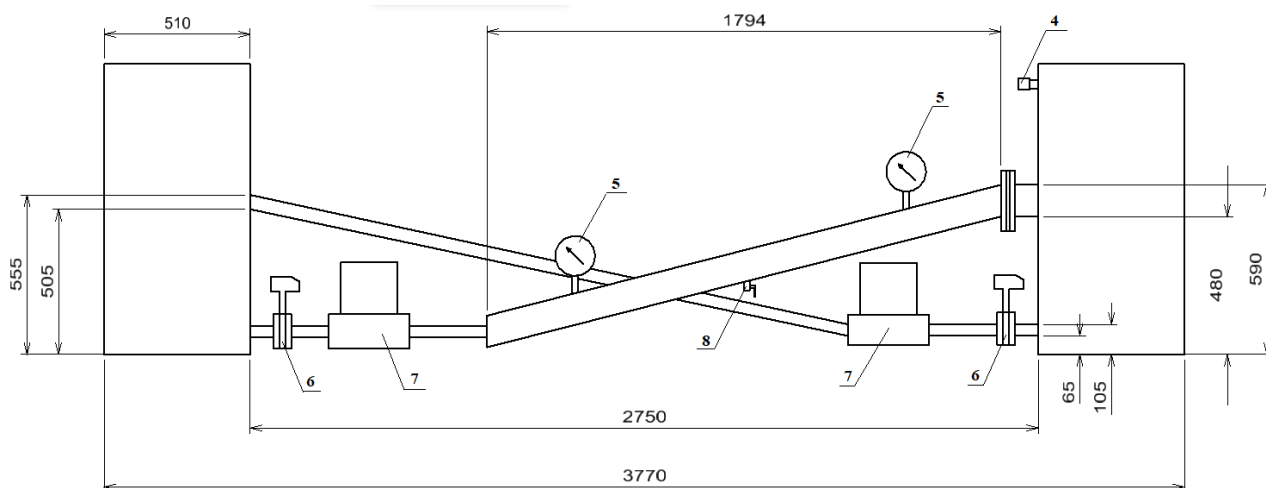


Рисунок 2 – Схема стенда, вид спереди

4 – предохранительный клапан; 5 – дифференциальные манометры;  
6 – задвижки с электроприводом; 7 – насосы; 8 – кран имитирующий утечку.

## 2.2 Выбор труб и материала стенда

Для правильного выбора насоса и конструкции стенда, необходимо выполнить построение гидравлической характеристики для системы трубопровода и напорно-расходной Q-H характеристики насоса. [5]

Построение гидравлической сети. Запишем напорно-расходную характеристику гидравлической сети Q-H:

$$H_c = f(\rho, \xi, \lambda, Q) = z_2 - z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \left( \sum \xi + \lambda \cdot \frac{l}{d} \right) \cdot \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left( \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \right)^2,$$

где  $z_1$  и  $z_2$  – высоты расположения сечений, м;  $P_1, P_2$  – давление в сечениях, Па;  $l, d$  – длина и внутренний диаметр трубопровода, м;  $\omega$  – средняя скорость потока в трубе, м/с;  $\xi$  – коэффициент местного сопротивления;  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения.

Для начала проведения расчетов необходимо предположить возможные характеристики системы и принять их за известные. В данном случае будем считать, что рабочей жидкостью является вода при  $t = 20^\circ\text{C}$ , значения коэффициентов  $\xi$  и  $\lambda$  соответствующими простым системам и  $\omega$  за оптимальную скорость потока в трубопроводе. Значения давления в сечениях,

длины и диаметра трубопровода можно получить исходя из конструкции стенда. Все исходные данные указаны в таблице 1.

Таблица 1– Исходные данные

| $z_1$ ,<br>м | $z_2$ ,<br>м | $P_1$ ,<br>Па·10 <sup>3</sup> | $P_2$ ,<br>Па·10 <sup>3</sup> | $l$ , м | $d$ , м | $\omega$ , м/с | $\xi$ | $\lambda$ | $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> |
|--------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|---------|----------------|-------|-----------|-------------------------------|
| 0            | 0,5          | 101,37                        | 101,325                       | 2,75    | 0,098   | 2              | 1     | 0,01      | 998,2                         |

На рисунке 3 представлена гидравлическая характеристика сети Q-H

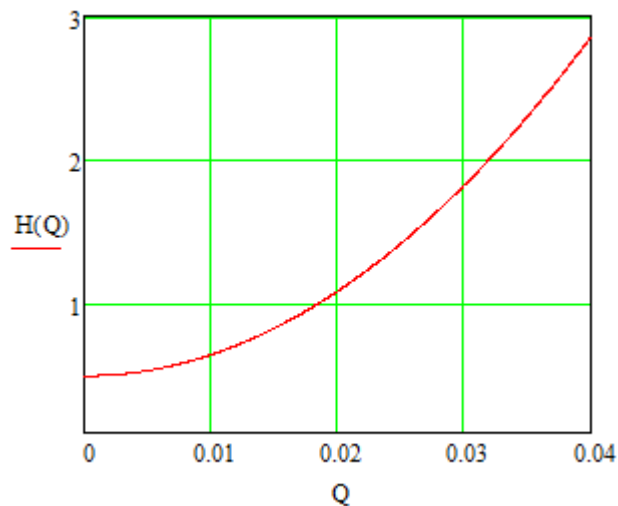


Рисунок 3 - Гидравлическая характеристика трубопроводной сети стенда  
«Трубопровод»

Уравнение напорно-расходной характеристики системы можно разбить на несколько частей, для корректировки параметров стенда. Для этого был разработан алгоритм выполнения расчетов, представленный на рисунке 4.



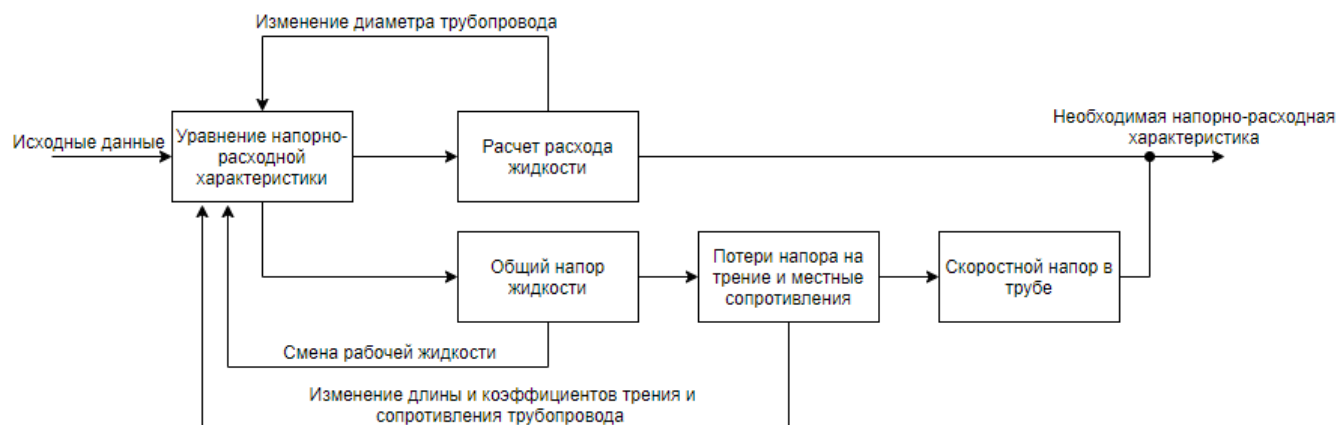


Рисунок 4 – Алгоритм выполнения расчетов

Пример поэтапного расчета одной из точек гидравлической характеристики.

Расход жидкости [6]:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot \omega} = \frac{3,14 \cdot 0,098^2}{4 \cdot 2} = 0,00376 \text{ м}^3 / \text{с} ,$$

где  $d$  – диаметр трубы, м;  $\omega$  – оптимальная скорость движения в трубопроводе, м/с.

Скоростной напор в трубе [6]:

$$H_c = \frac{\omega^2}{2 \cdot g} = \frac{2^2}{2 \cdot 9.81} = 0.204 \text{ м} ,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Потери напора на трение и местные сопротивления [7]:

$$H_w = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot H_c = \frac{0,01 \cdot 2,75}{0,098} \cdot 0.204 = 0.57 \text{ м} ,$$

где  $\lambda$  – коэффициент трения для стальных труб;  $l$  – общая длина трубопровода, м.

Общий напор в трубе [8]:

$$H_{\text{общ.}} = \frac{(P_2 - P_1)}{\rho \cdot g} + H_w = \frac{(101,325 - 101,370)}{998,2 \cdot 9,81} + 0,57 = 0,56 \text{ м} ,$$

где  $P_1, P_2$  – давление в емкостях, Па;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Исследуем влияние коэффициента местного сопротивления  $\xi$  на изменение потери напора  $h_w(\xi)$  при построении гидравлической характеристики сети и, как следствие, смещение рабочей точки насоса. Коэффициенты местного сопротивления представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты местного сопротивления

| Тип местного сопротивления  | $\xi$   |
|---|---------|
| Плавный очерченный вход в трубу                                   | 0.1÷0.2 |
| Выход из трубы в резервуар или в канал под уровнем, ниша в канале | 1       |
| Предохранительный клапан  | 2÷3     |
| Всасывающий клапан с сеткой при насосах                           | 2.5÷12  |

Таблица 3 – Расчеты при  $Q = 0.02 \text{ м}^3/\text{с}$

| $\xi$            | 0.1    | 0.5   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6    |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| $h_w, \text{ м}$ | 0.0358 | 0.179 | 0.358 | 0.716 | 1.074 | 1.433 | 1.792 | 2.15 |
| $H, \text{ м}$   | 0.57   | 0.63  | 0.758 | 0.96  | 1.16  | 1.34  | 1.57  | 1.8  |

Формула потерь напора при  $\xi = 1$ :

$$h_w = \left( \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \xi = \left( \frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 0,098^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot 9,81} \cdot 1 = 0,358 \text{ м}$$

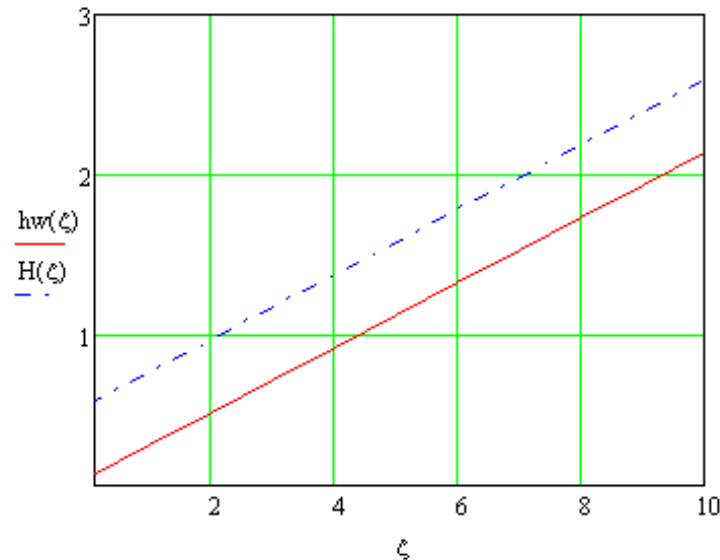


Рисунок 5 – Потери напора в зависимости от коэффициента местного сопротивления

Из полученных данные можно сделать вывод о том, что для уменьшения потерь напора на местные сопротивления необходимо сделать систему с наименьшим количеством сложных конструктивных элементов.

Исследуем влияние коэффициента гидравлического трения (коэффициента путевых потерь)  $\lambda$  на изменение потерь напора  $h_w(\lambda)$ . Расчет коэффициента гидравлического трения напрямую зависит от внутреннего диаметра гидравлической сети и абсолютной шероховатости  $\Delta$  материала, из которого выполнена исследуемая сеть.

Таблица 4 – Значения абсолютной шероховатости

| Значения абсолютной шероховатости | $\Delta$ , мм |
|-----------------------------------|---------------|
| Стекло                            | 0             |

|                    |          |
|--------------------|----------|
| Оцинкованные трубы | 0,15     |
| Стальные трубы     | 0,07÷0,5 |
| Чугунные трубы     | 0.2÷1    |

При выборе материала, из которого будет изготовлен стенд рассматривались следующие показатели, представленные в таблице 5.

Таблица 5 – Материал труб

|             | Стекло    | Оцинкованные трубы | Стальные трубы | Чугунные трубы |
|-------------|-----------|--------------------|----------------|----------------|
| Цена        | 17138 руб | 10250 руб          | 4028 руб       | 8750 руб       |
| Доступность | Москва    | Томск              | Томск          | Екатеринбург   |
| Вес         | 20 кг     | 70 кг              | 70 кг          | 90 кг          |

\*данные приведены для труб диаметром 100 мм, длиной 6 м и толщиной стенки 3 мм

Таблица 6 – Расчеты при  $Q = 0.02 \text{ м}^3/\text{с}$

|               |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\lambda$     | 0,015 | 0,023 | 0,031 | 0,039 | 0,047 |
| $\Delta$ , мм | 0,07  | 0,1   | 0,15  | 0,2   | 0,25  |
| $h_w$ , м     | 0,08  | 0,13  | 0,18  | 0,22  | 0,27  |
| $H$ , м       | 0.72  | 0.758 | 0.8   | 0.83  | 0.86  |

Для стальных труб значение  $\Delta$  будет равно 0,1. Значение  $\lambda$  при  $\Delta = 0,1$  равно 0,023.

Формула потерь напора при  $\lambda = 0,023$ :

$$h_w = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g} = 0,023 \cdot 2,75 \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,13 \text{ м}$$

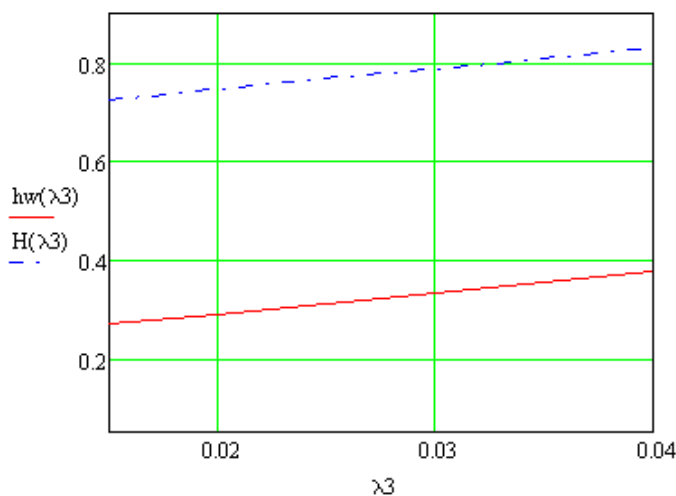


Рисунок 6 – Потери напора в зависимости от коэффициента путевых потерь

Исследования проводились при разных значениях абсолютной шероховатости. Проанализировав полученные данные можно сделать вывод о том, что изменение коэффициента путевых потерь приводит к незначительному изменению напора, а значит, что материал можно выбрать исходя из других показателей.

Исследуем влияние плотности жидкости  $\rho$  на характеристики гидравлической сети. Плотность жидкости не влияет на потери напора в сети, но влияет на напор сети, необходимо узнать в какой мере.

Таблица 7 – Плотность жидкости

| Плотность жидкости            | $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> |
|-------------------------------|----------------------------|
| Вода при $t = 4 \text{ C}^0$  | 1000                       |
| Вода при $t = 20 \text{ C}^0$ | 998.2                      |
| Нефтепродукт (бензин А-92)    | 760                        |
| Нефтепродукт (ДТЛ)            | 860                        |

|  |       |
|--|-------|
| Нефти при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 828,6 |
|--|-------|

Таблица 8 – Расчеты при  $Q = 0.02\text{ м}^3/\text{с}$

|                  |       |       |       |       |       |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\rho$           | 760   | 828,6 | 860   | 998,2 | 1000  |
| $h_w, \text{ м}$ | 0,303 | 0,303 | 0,303 | 0,303 | 0,303 |
| $H, \text{ м}$   | 0.756 | 0.758 | 0.758 | 0.758 | 0.758 |

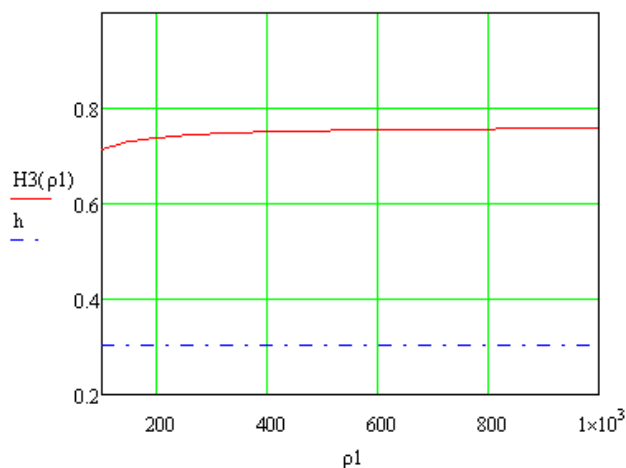


Рисунок 7 – Потери напора в зависимости от плотности жидкости

На функцию напора (гидравлическую сеть), а, следовательно, на определение рабочей точки и как следствие на выбор насоса незначительно влияют: коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  и плотность  $\rho$  транспортируемой жидкости. Коэффициент местного сопротивления  $\xi$  оказывает наибольшее влияние на потери напора, а значит при разработке конструкции его следует учитывать.

### 2.3 Выбор насоса

Поскольку производители в силу коммерческих интересов не предоставили эксплуатационные напорно-расходные характеристики насосов, по которым при имеющейся гидравлической характеристики трубопроводной

сети можно просто определить экономическую эффективность от производительности предложенных насосов, проведем теоретические исследования для построения данной характеристики насосов. Построение напорно-расходной характеристики Q-H насосов без учета потерь можно теоретически представить в аналитическом виде [9]:

$$H_n = f(D_2, n, b_2, \beta_2, Q) = \left( \frac{\pi D_2 n}{60} \right)^2 \frac{1}{g} - \frac{1}{\pi D_2 b_2 t g \beta_2} \left( \frac{\pi D_2 n}{60} \right) \frac{1}{g} Q^2,$$

где  $D_2$  – внешний диаметр рабочего колеса, м;  $n$  – скорость вращения рабочего колеса, об/мин;  $b_2$  – толщина лопатки, расположенной на рабочем колесе, м;  $\beta_2$  – выходной угол лопатки.

Для построения характеристики насоса нам необходимо знать такие параметры, как  $D_2$ ,  $n$ ,  $b_2$ ,  $\beta_2$ . Чтобы узнать их, мы воспользуемся способом выбора насоса на основе прототипа, выпускаемого промышленностью. Для этого нам необходимо использовать поле характеристик, выпускаемых промышленностью насосов К (консольных), изображенном на рисунке 8 [9].

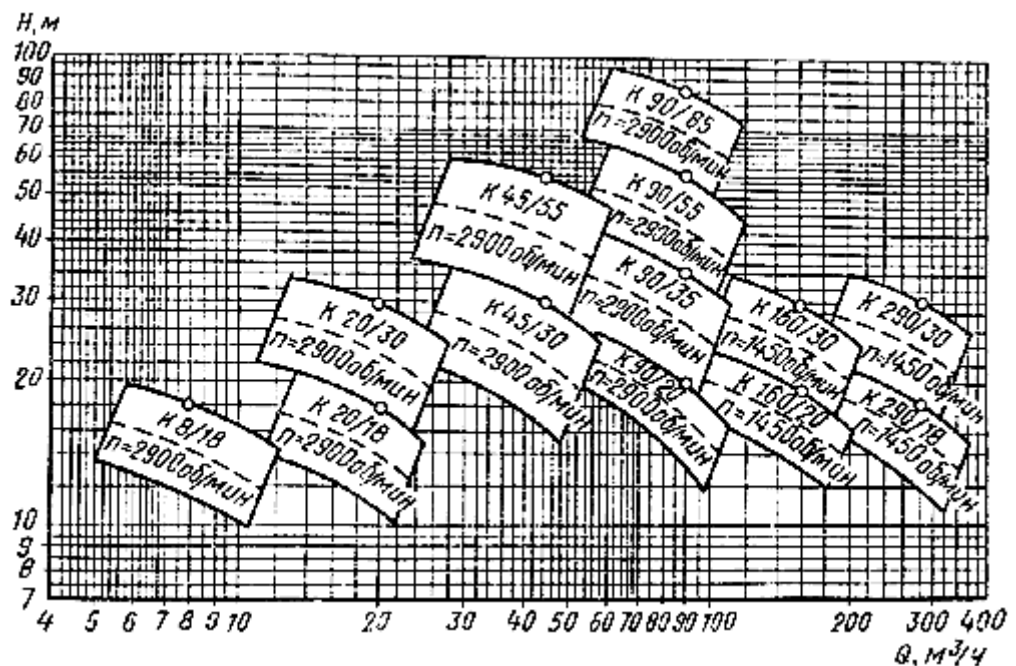


Рисунок 8 – Сводный график полей H-Q для консольных насосов

Чтобы определить какой прототип нам необходим, нужно знать требуемые напор и расход жидкости. Для выполнения исследований на разрабатываемом стенде нам необходимо обеспечить давление в системе близкое к двум атмосферам. Такое давление в переводе на напор равняется 20 м (1 атм – 10 м). Значение расхода жидкости возьмём исходя из удобства проведения эксперимента. Так как объём рабочей жидкости составляет 0,25 м<sup>3</sup>, теоретически приемлемый расход будет около 10 м<sup>3</sup>/ч. По представленному выше графику определяем, что удовлетворяющий условиям прототип – К 8/18 [10].

Далее построим теоретические графики напорно-расходной характеристики центробежного насоса при различных скоростях вращения центробежного насоса  $n$  от 350 до 2900 об/мин (рисунок 9).

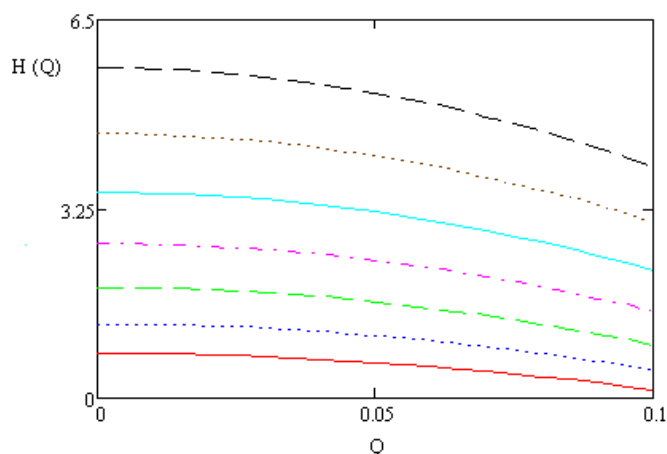


Рисунок 9 – Теоретические напорно-расходные характеристики центробежного насоса

Пересечение гидравлической характеристики трубопроводной сети и напорно-расходных характеристик центробежного насоса определяют рабочую точку (расход и подачу транспортируемой жидкости). Для определения рабочей точки решим квадратное уравнение:

$$\left[ \left( \sum \xi + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{8}{g \pi^2 d^4} + \frac{1}{\pi D_2 b_2 t g \beta_2} \left( \frac{\pi D_2 n}{60} \right) \frac{1}{g} \right] Q^2 + z_2 - z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} - \left( \frac{\pi D_2 n}{60} \right)^2 \frac{1}{g} = 0$$



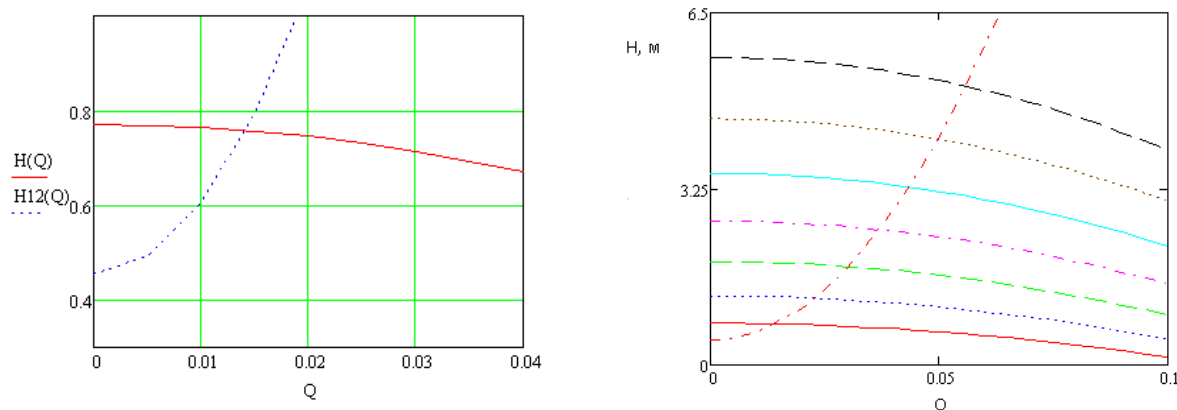


Рисунок 10 - Напорно-расходные характеристики сети и насоса

Рабочая точка насоса будет иметь координаты: расход  $Q = 0.014 \text{ м}^3/\text{с}$  и напор  $H = 0.758 \text{ м}$ .

Потери энергии в насосе неизбежны, поэтому подводимая к нему энергия должна быть больше полезной. Эти потери учитываются коэффициентом полезного действия. Теперь найдем мощность необходимого для стенда «трубопровод» насоса.

Для построения характеристики мощности насоса составим таблицу опорных точек графика (таблица 9).

Таблица 9 – Расчет опорных точек графика

| № п/п                     | 1      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|---------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ | 0.005  | 0,01  | 0,015 | 0,02  | 0,025 | 0,03  | 0,035 | 0,04  |
| $H, \text{ м}$            | 0.493  | 0.606 | 0.794 | 1.058 | 1.397 | 1.812 | 2.302 | 2.867 |
| $N, \text{ кВт}$          | 0.0483 | 0.12  | 0.23  | 0.42  | 0.68  | 1.06  | 1.6   | 2.2   |

Определение мощности насоса по рабочей точке [9]

$$N = f(Q, H) = \frac{\rho g Q H}{102 \eta} = 0.33 \text{ кВт}$$

Таблица 10 – Технические характеристики насосов

| Марка                                    | Подача<br>, м <sup>3</sup> /ч | Напор<br>, м | Подача<br>макс,<br>м <sup>3</sup> /ч | Частота<br>вращения<br>вала,<br>об/мин | Мощность,<br>кВт | Масса<br>, кг | Цена,<br>руб. | Доступ<br>ность |
|--|-------------------------------|--------------|--------------------------------------|--|------------------|---------------|---------------|-----------------|
| 32GDLF<br>4-20                           | 4                             | 16           | 8                                    | 2900                                   | 0.37             | 20            | 11950         | Томск           |
| CP 130<br>Pedrollo                       | 4                             | 15.9         | 4.8                                  | 2900                                   | 0.37             | 7.8           | 10443         | Киев            |
| ЦХН<br>MB 80                             | 4                             | 7.2          | 6                                    | 2900                                   | 0.37             | 8.5           | 55030         | Москва          |
| Speroni<br>SBI 3-3<br>F-SQQE             | 3                             | 18           | 4.5                                  | 2900                                   | 0.37             | 19            | 13209         | Москва          |
| CM1-2<br>A-R-A-<br>E-AVBE<br>C-A-A-<br>N | 1.7                           | 11.7         | 2.5                                  | 2900                                   | 0.33             | 13.5          | 13137         | Новоси<br>бирск |

При разработке стенда был выбран Вертикальный многоступенчатый насос ENSI 32 GDLF4-20 так как он удовлетворяет заявленным требованиям, обладает лучшим соотношением цены к характеристикам и легкодоступен для приобретения. Если необходимо будет изменить рабочую жидкость с воды на нефтепродукты мы выбираем насос ЦХН MB 80.

### 3 Электрическая часть стенда

Лабораторный стенд «Трубопровод» состоит из двух насосов, двух задвижек с электроприводом и двух дифференциальных манометров с электромагнитными клапанами, питаемых от сети 220 В. Для управления приведенными элементами на начальном этапе были выбраны реле времени. Также для обеспечения безопасности работы с электрооборудованием стенда, были выбраны устройства защитного отключения в виде автоматических выключателей. Таким образом для корректного подключения всех элементов системы, была разработана принципиальная электрическая схема установки.

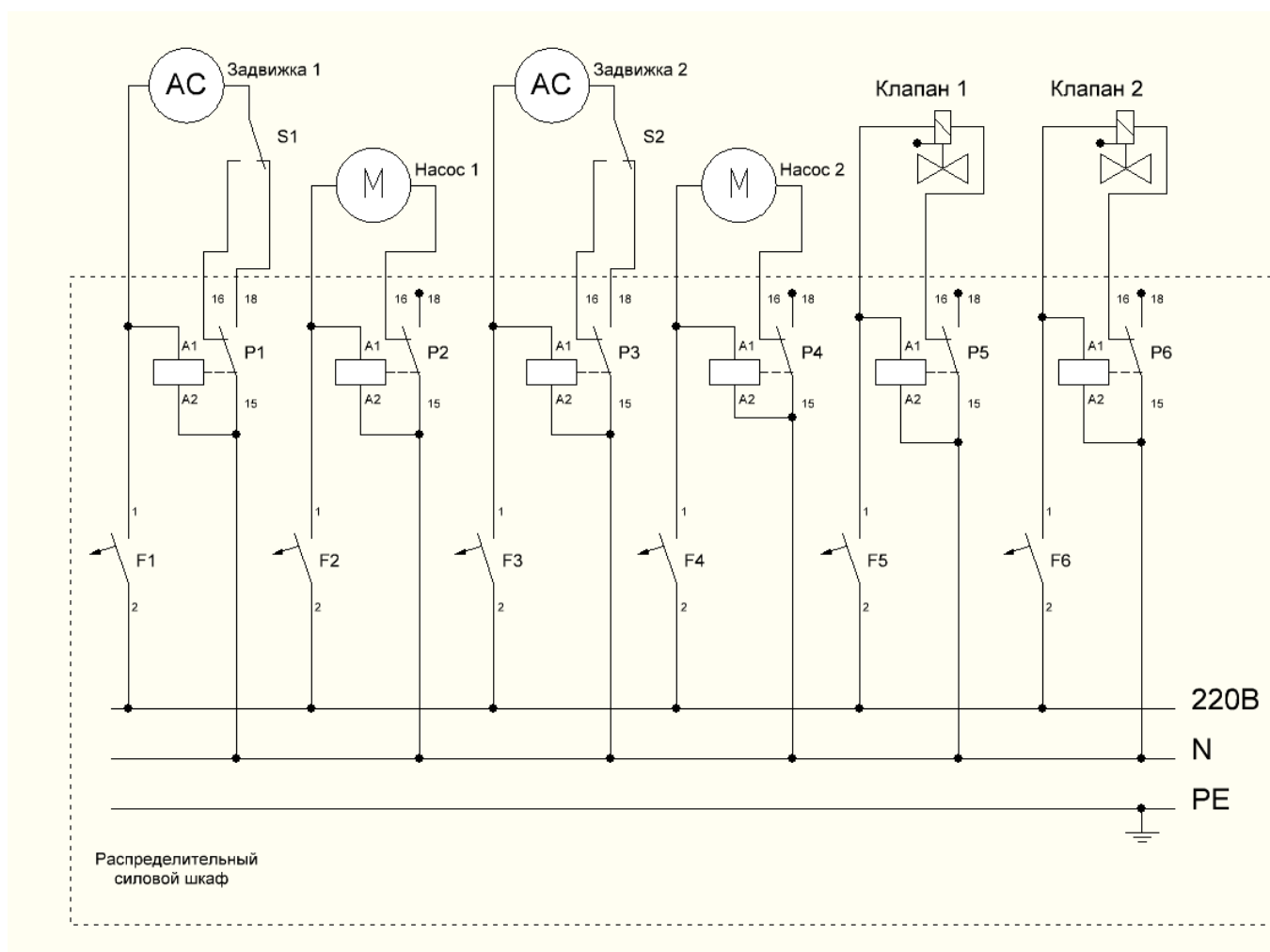


Рисунок 11 – Принципиальная электрическая схема

Для правильного выбора реле времени и автоматических выключателей, необходимо посмотреть на характеристики элементов (напряжение питания и рабочий ток), к которым они подключаются. Все необходимые параметры элементов указаны в технической документации, прилагаемой к ним.

**Клапан электромагнитный AR-2W12 нормально открытый, прямого действия, с диафрагмой.**

Клапан был изначально предоставлен для работы в сборе с дифференциальным манометром МДП4-СМ-Т.



Рисунок 12 – Клапан электромагнитный AR-2W12

Питание: DC:12В, 24В; AC: 110В, 220В.

Катушки: S51В/Н 40ВА (AC), 30 Вт (DC).

**Четвертьоборотный электропривод с поворотным затвором DN.RU-030.**

Электропривод был предоставлен для выполнения данной работы, его выбор не осуществлялся.



Рисунок 13 – Электропривод DN.RU-030

Таблица 11 – Технические характеристики электропривода

| Модель    | Выходной крутящий момент, Н*м | Время работы, сек. | Электродвигатель, 220 В, 50 Гц |        | Вес, кг |
|-----------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------|---------|
|           |                               |                    | Мощность, Вт                   | Ток, А |         |
| DN.RU-030 | 300                           | 30                 | 45                             | 0,31   | 13,4    |

### Центробежный насос ENSI 32 GDLF4-20.

Выбранный нами в ходе работы насос оборудован однофазным асинхронным двигателем YL7112, характеристики которого нам и нужны для правильного выбора реле времени и автоматических выключателей [11].



Рисунок 14 – Насос ENSI 32 GDLF4-20

Таблица 12 – Технические характеристики двигателя

| Тип двигателя | Выходной крутящий момент, Н*м | Электродвигатель, 220 В, 50 Гц |                    |                 | Вес, кг |
|---------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------|---------|
|               |                               | Мощность, Вт                   | Ток номинальный, А | Ток пусковой, А |         |
| YL7112        | 2800                          | 370                            | 2,73               | 3,9             | 6,1     |

Исходя из приведенных выше характеристик мы можем сказать, что самые высокие значения принадлежат двигателю насоса, что позволяет нам опираться только на них при выборе реле и автоматов.

При подборе реле времени основными параметрами на основе которых осуществляется выбор являются номинальное напряжение и род тока, также немаловажны цена и доступность.

Таблица 13 – Характеристики реле времени

| Марка             | Номинальное напряжение, В | Род тока     | Цена, руб.  | Доступность                          |
|-------------------|---------------------------|--------------|-------------|--------------------------------------|
| E1ZMW10           | 24-240                    | AC/DC        | 3940        | Санкт-Петербург<br>(под заказ)       |
| РЭВ-120           | 230/240                   | AC/DC        | 1400        | Санкт-Петербург<br>(доставка 7 дней) |
| <b>IEK ORT-M2</b> | <b>12-240</b>             | <b>AC/DC</b> | <b>1142</b> | <b>Томск (в наличии)</b>             |



Рисунок 15 – Многофункциональное реле времени ORT-M2

### Режим С.

При подаче входного напряжения  $U_n$  начинается отсчет заданного времени  $t$ . После отсчета времени контакты реле замыкаются на этот же временной отрезок. Цикл повторяется до снятия напряжения питания  $U_n$ . Контакт  $S$  не используется.



### Режим D.

При подаче входного напряжения  $U_n$  контакты реле замыкаются, начинается отсчет времени  $t$ . После отсчета времени контакты реле размыкаются на этот же временной отрезок. Цикл повторяется до снятия напряжения питания  $U_n$ . Контакт  $S$  не используется.



Рисунок 16 – Используемые режимы работы реле времени

Автоматический выключатель подберем исходя из максимального тока приходящегося на элементы системы. Так как наибольший ток равный 3,9 А приходится на двигатель насоса, то и опираться при выборе будем на него. В данном случае нам будет достаточно автоматического выключателя на 6 А. На рынке присутствует большое количество автоматов с удовлетворяющими параметрами, а значит нам достаточно взять самый доступный из вариантов.

Выбор пал на автоматический выключатель IEK ВА47-29 1Р 6А С.



Рисунок 17 – Автоматический выключатель IEK ВА47-29

Таблица 14 – Характеристики ИЕК ВА47-29

| Номинальный ток, А | Способ монтажа | Вес, кг | Номинальное напряжение, В | Частота сети, Гц | Степень защиты | Цена, руб. |
|--------------------|----------------|---------|---------------------------|------------------|----------------|------------|
| 6                  | DIN-рейка      | 0,1     | 220                       | 50               | IP 20          | 80         |

Таким образом была разработана принципиальная схема стенда «Трубопровод» и выбраны компоненты в её составе. Кроме того, при выборе компонентов учитывался запас необходимый для безопасной и бесперебойной работы системы.



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>              |
| 8Е41          | Ралдугин Антон Павлович |

|                            |  |                                  |   |
|----------------------------|--|----------------------------------|---|
| <b>Школа</b>               | Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ИШИТР) | <b>Отделение</b>                 | Отделение автоматизации и робототехники (ОАР) |
| <b>Уровень образования</b> | Бакалавриат  | <b>Направление/специальность</b> | 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»        |

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

|  |   |
|--|---|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | <p>Рабочим местом является место за персональным компьютером в 119а аудитории 10 корпуса Томского политехнического университета.</p> <p>Технологический процесс представляет собой проектирование, проверку и настройку лабораторного стенда «Трубопровод».</p> <p>Основным оборудованием, на котором производится работа, является ПК. Стенд состоит из замкнутого трубопроводного контура, насосов, задвижек с электроприводами, манометров с электромагнитными клапанами и программируемого логического контроллера.</p> <p>Области применения стенда: лабораторные работы в 119а аудитории 10 корпуса Томского политехнического университета.</p> |
|--|---|

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|   |  |
|---|--|
| <p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul> | <p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• недостаточная освещённость рабочей зоны</li> <li>• повышенный уровень шума</li> <li>• повышенный уровень электромагнитных излучений</li> <li>• микроклимат</li> <li>• статические нагрузки</li> <li>• умственные нагрузки, перегрузка анализаторов</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• термическая опасность (источник двигатель насоса)</li> <li>• электробезопасность (источник ПК, насосы, задвижки, клапана стенда, электрический распределительный щит, контроллер)</li> <li>• механическая опасность (подвижные элементы стенда (крышка бака, механические клапаны))</li> </ul> |
| <p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–защита селитебной зоны</li> <li>–анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>–анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>–анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>–разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>   | <p>Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу не происходит</p> <p>В работе проведен анализ воздействия на литосферу (образование отходов при утилизации печатных плат и люминесцентных ламп)</p>  |
| <p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>–выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>–разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>–разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>  | <p>В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).</p>   |
| <p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового</li> </ul>  | <p>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. [12]</p> <p>Требования к организации оборудования</p>  |

|   |  |
|---|--|
| законодательства;<br>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | рабочих мест с ПК регулируется в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [13] |
|---|--|

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> | <b>01.03.2018</b> |
|---|-------------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО                    | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|-----------|------------------------|------------------------|---------|------------|
| Ассистент | Авдеева Ирина Ивановна |                        |         | 01.03.2018 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                     | Подпись | Дата       |
|--------|-------------------------|---------|------------|
| 8Е41   | Ралдугин Антон Павлович |         | 01.03.2018 |

## 4 Социальная ответственность

С развитием научного прогресса безопасность жизнедеятельности человека играет огромную роль на производстве. В соответствии с требованиями безопасности была создана наука, которая помогает обеспечить безопасность жизнедеятельности человека (БЖД). Научно-технический прогресс внес серьезные изменения в условия производственной деятельности работников умственного труда. Их труд стал более интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии. Это потребовало комплексного решения проблем эргономики, гигиены и организации труда, регламентации режимов труда и отдыха.

### 4.1 Производственная безопасность

Ниже приведем перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды в виде таблицы 15.

Таблица 15 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке стенда «Трубопровод»

| Источник факторы, наименование видов работ  | Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)  |  | Нормативные документы  |
|---|--|--|--|
|   | Вредные  | Опасные  |  |
| Разработка лабораторного стенда:<br>1) Проектирование конструкции и расчет составных элементов стенда<br>2) Разработка принципиальной электрической схемы управления стендом<br>3) Сборка схемы<br>4) Тестирование и настройка стенда | 1) Недостаточная освещённость рабочей зоны<br>2) повышенный уровень шума<br>3) повышенный уровень электромагнитных излучений<br>4) микроклимат<br>5) статические нагрузки<br>6) умственные нагрузки, перегрузка анализаторов | 1) ожог (источник двигатель насоса)<br>2) электрический ток (источник ПК, насосы, задвижки, клапана стенда, электрический распределительный щит, контроллер)<br>3) короткое замыкание (источник насосы, задвижки, клапана стенда, электрический распределительный щит)<br>4) статическое электричество | ГОСТ 12.0.003-2015 [12]<br>СНиП 23-05-95 [2]<br>СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. [3]<br>ГОСТ 30494—2011 [4]<br>ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. [7]<br>НПБ 105-03. [9] |

#### 4.1.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Рабочее место находится на первом этаже здания. Освещение рабочей зоны производится посредством совмещенного освещения. Работа за ПЭВМ относится к категории зрительных работ к разряду Б зрительных работ (восприятие информации) [2].

В помещениях, предназначенных для эксплуатации ПЭВМ, искусственное освещение осуществляется путем системы общего освещения. Освещение не создает бликов на поверхности экрана ПЭВМ согласно [1], так же ограничена прямая блёсткость от источников освещения на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и т.д.) за счет выбора люминесцентных ламп в качестве источника освещения и решения проблемы с высоким коэффициентом пульсации, который должен быть не более 20%.

Для уменьшения коэффициента пульсации люминесцентные лампы были включены в разные фазы. За счет сдвига фаз на 1/3 периода провалы в световом потоке каждой из ламп компенсируются световыми потоками двух других ламп, так что пульсации суммарного светового потока существенно уменьшаются. Также посчитаем освещенность рабочего пространства.

$$E \approx \eta \cdot \frac{F}{S}, \text{ где } E - \text{освещенность, } F - \text{общий световой поток, } S - \text{площадь}$$

помещения,  $\eta$ - поправочный коэффициент

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Дано:                 | Решение:   |
| $S = 40 \text{ м}^2$  | $E = \eta \cdot \frac{n \cdot F}{S} = 0,5 \cdot \frac{24 \cdot 1200}{35} = 411,4 \text{ лм}$ |
| $n = 24 \text{ шт}$   |  |
| $F = 1200 \text{ лм}$ |  |
| $\eta = 0,5$          |  |
| $E - ?$               |  |
|                       | Ответ: 411,4 лм  |

В дневное время рабочее место достаточно освещено за счет совмещенного освещения, в вечернее время рабочее место освещается только за счет искусственного освещения, которое составляет 411,4 лм и

соответствующего нормам [2], что позволяет выполнять работу как с ПЭВМ, так и с паяльным оборудованием.

#### **4.1.2 Повышенный уровень шума**

Звуковые колебания, издаваемые движущимися частями механизмов и приборов, могут воздействовать на здоровье человека. Громкие звуки, могут стать причиной проблем со слухом, а длительное воздействие шума более 80 дБ может стать причиной его потери или ухудшения. Постоянно повторяющиеся шумы на рабочем месте провоцируют проблемы, связанные с нервной системой и органами слуха.

В данной работе основными источниками шума являются двигатели насосов и задвижек, и системный блок ПЭВМ, внутри которого работает система охлаждения, состоящая из вентиляторов, воспроизводящих непрерывный шелест или гудение. Работы, выполняемые специалистом, оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, занятого этой деятельностью, приведены в СН 2.2.4/2.1.8.562–96, следовательно, эквивалентный уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 50 дБ[3].

Используемые в платформе двигатели не превышают номинальную мощность 1,0 кВт. ГОСТ 16921-83 регламентирует уровень шума для двигателей класса 1 (двигатели постоянного и переменного тока общепромышленного производства) номинальной мощностью до 1,1 кВт и скоростью вращения от 900 об/мин до 1320 об/мин не выше 50 дБ, что соответствует нормам.

В случае необходимости понижения уровня шума следует воспользоваться средствами индивидуальной защиты (противошумными шлемофонами, наушниками, вкладышами), снизить шум в источнике (улучшение конструкции) и использовать средства коллективной защиты (изменение направленности излучения шума, рациональную планировку, применение звукоизоляции).

#### **4.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений;**

В повседневной жизни люди не замечают воздействия электромагнитных излучений. Мощность источника излучения должна быть такой, чтобы это не отражалось на здоровье и самочувствие организма. Основные излучающие электромагнитное поле части ПЭВМ – это системный блок, в котором находится процессор, и экран монитора [1].

На рабочем месте установлены ПЭВМ, оснащённые жидкокристаллическим монитором. Они излучают электромагнитные волны, которые не причиняют человеку вреда, даже при длительной работе [1].

#### **4.1.4 Микроклимат;**

Давление, температура и влажность воздуха влияют на здоровье работников, следовательно, данные показатели влияют на общее самочувствие, работоспособность и выполнение поставленных задач. Несоблюдение нормированных значений этих показателей, приводят к нарушениям микроклимата и могут способствовать распространению и возникновению острых респираторных заболеваний.

Рабочее место расположено на первом этаже здания, в помещении проводятся занятия студентов, хранятся учебные материалы и учебное оборудование. В данном помещении повышение влажности грозит утратой важных учебных материалов, а также порчей дорогостоящего оборудования. Поэтому значение относительной влажности и температуры должны быть строго нормированными, т.к. помещение относится ко второй категории, согласно[4].

Рабочее место хорошо проветривается за счет окон, расположенных в аудитории и дополнительной механической вентиляции. Это обеспечивает проветриваемость помещения и как следствие убирает лишнюю влагу. Кроме того, аудитория подключена к системе центрального городского отопления. Это помогает регулировать температуру в период зимних месяцев. ГОСТ 12.1.005-88 [13] устанавливает оптимальные и допустимые параметры микроклимата в помещении исходя из тяжести выполняемых работ, количества тепла в помещении и сезона в соответствии с этим ГОСТом наше рабочее помещение

относится к классу Ib – температура воздуха 22-24 °С, температура поверхностей 21-25 °С, относительная влажность воздуха 40-60%.

Рабочее место соответствует нормам, так как оборудовано всем необходимым для поддержания соответствующего микроклимата.

#### **4.1.5 Статические перегрузки.**

##### **Умственные перегрузки, перегрузки анализаторов**

Пользователь при работе с ПЭВМ вынужден принимать одну и ту же позу в течение длительного времени, тем самым создавая в работе мышечного корсета статические перегрузки. Неудобная поза, нахождение центра тяжести в одном месте, постоянный наклон вперед вызывают боли в шее и спине. Также работа с ПЭВМ подразумевает обработку большого количества информации, что приводит к напряжению глазных мышц и снижается острота зрения.

Согласно [5], разработка программно-алгоритмического комплекса для лабораторного стенда относится к группе В, I категории (до 2х часов) – творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ. Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья пользователей на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированный перерыв, при 8-ми часовом рабочем дне 30 минут. Продолжительность непрерывной работы с ПК не должна превышать 2 часов. Для I категории работ – через 2 часа от начала работы и через 1,5–2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый [5].

Во время регламентированных перерывов с целью сохранения высокой работоспособности выполняется комплекс упражнений, также рекомендуется чередовать содержание работы [5].

Для того чтобы зрительные анализаторы работали на нужном уровне каждый академический час проводится перерыв в 5-10 минут, а в каждый второй академический час перерыв в 20 минут. Во время перерыва есть возможность выйти из аудитории и выключить на время ПЭВМ [5].



#### **4.1.6 Ожог**

Ожог – это повреждение тканей, возникающее от местного теплового, химического, электрического или радиационного воздействия. Ожоги чаще всего поражают кожу (ее объем составляет почти одну шестую объема всего тела человека). Во время разработки платформы, возможно, получить тепловые ожоги от нагрева обмоток возбуждения двигателя. Защита от ожогов при соприкосновении с наружными поверхностями оборудования достигается снижением температуры наружных поверхностей оборудования. Снижение температуры наружных поверхностей достигается с помощью теплоизоляции или принудительного охлаждения, а также путем ограждения частей, имеющих температуру выше 70 °С в местах, доступных для обслуживающего персонала и применения СИЗ.

На рабочем месте применяются защитные очки, хлопчатобумажные перчатки и специальные инструменты (пинцеты, клещи и т.д.) в качестве СИЗ согласно [5].

#### **4.1.7 Электробезопасность**

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Согласно [6] помещение, в котором находится рабочее место, относится к категории помещений без повышенной опасности. Его можно охарактеризовать, как сухое, непыльное, с токонепроводящими полами и нормальной температурой воздуха. Температурный режим, влажность воздуха, химическая среда не способствуют разрушению изоляции электрооборудования.

Защита от электрического тока на рабочем месте производится с помощью изоляции токопроводящих частей (все провода изолированы).

#### **4.1.8 Короткое замыкание**

Короткое замыкание – это соединение двух точек с разным потенциалом с последующим увеличением тока и выделением большого количества тепла. Вследствие чего короткое замыкание может стать причиной пожара в помещении, при коротком замыкании от электрического тока могут пострадать люди, находящиеся в непосредственной близости от источника возникновения.

На рабочем месте короткое замыкание может быть вызвано либо неисправностью в проводке, либо при работе с компьютером/оборудованием стенда, когда внутри корпуса создается разность фаз и ток может так же повредить всю электросеть. [7]

Для защиты электрической сети от короткого замыкания предусмотрены устройства защитного отключения (УЗО), оснащенные устройствами автоматического отключения – автоматами и предохранителями. Кроме того, в помещении установлены датчики дыма, которые при возникновении возгорания, вызванного коротким замыканием, оповещают все здание о начавшемся пожаре. Таким образом, рабочее место полностью защищено от возможного короткого замыкания.

#### **4.1.9 Статическое электричество**

На рабочем месте находится много устройств, которые работают от электрического тока и сделаны из материалов, которые, так или иначе, накапливают на себе статический заряд. Может возникнуть разность потенциалов от статического электричества, и прикосновение человека к заряду может вызвать травмы, ожоги или пожар [7].

Защита от статического электричества на рабочем месте производится путем заземления корпуса ПК, уменьшение удельного объемного и поверхностного электрического сопротивления путем повышения влажности воздуха или применения антистатических примесей, ионизацией воздуха или среды.

## **4.2 Экологическая безопасность**

### **4.2.1 Воздействие на литосферу**

При выходе из строя, а также устаревании компонентов, ПЭВМ начинает представлять собой источник второсортного сырья. Каждый ПЭВМ содержит цветные металлы и целый набор опасных для окружающей среды веществ. Это производные газов, тяжелые металлы, среди которых кадмий, ртуть и свинец. Попадая на свалку, все эти вещества под воздействием внешней среды постепенно проникают в почву.

Люминесцентные лампы при перегорании становятся источником загрязнения. Лампы содержат внутри себя ртуть, которая загрязняет окружающую среду. Кроме того, их корпус состоит преимущественно из стеклянной трубки, которая при неосторожном обращении может разбиться на мелкие осколки.

Документы, перенесенные на бумагу, становятся источником бумажных отходов. Такие отходы медленнее разлагаются из-за предварительной обработки бумаги, а также содержат на себе следы краски, которая попадая в почву ее загрязняет.

Юридические лица имеют право утилизировать оргтехнику только при прохождении процедуры полного списания, подтвержденного актом [8].

Томский политехнический университет является юридическим лицом, поэтому перегоревшие люминесцентные лампы собираются техническим персоналом, а затем передаются в центр по переработке таких ламп, у которого имеется лицензия на право сбора и переработки люминесцентных ламп [8]. Для макулатуры существуют специально установленные контейнеры, в которые помещаются отработавшие печатные издания, офисная бумага и другие изделия из переработанной целлюлозы. Они отвозятся в пункты по сбору макулатуры, где утилизируются.

## **4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **4.3.1 Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Возникновение пожара в помещении аудитории может привести к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Чрезвычайные ситуации приводят к полной потере информации и большим трудностям восстановления всей информации в полном объёме.

Согласно нормам технологического проектирования [9], данное помещение относится к категории В [10], производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, произвести эвакуацию и приступить к ликвидации пожара порошковыми огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания. Покидать помещение необходимо согласно соответствующему плану эвакуации.

Пожар будет являться чрезвычайной ситуацией для людей, находящихся в помещении. При возникновении пожара сработают датчики дыма, которые подадут сигнал общего оповещения всего здания. На плане эвакуации показаны запасные выходы. Кроме того, в коридоре установлены пожарные порошковые огнетушители марки ОП-8 АВСЕ для ликвидации малых очагов возгорания.

## **4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **4.4.1 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют

специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России) Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации [10], в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

#### **4.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

##### **4.4.2.1 Эргономические требования к рабочему месту**

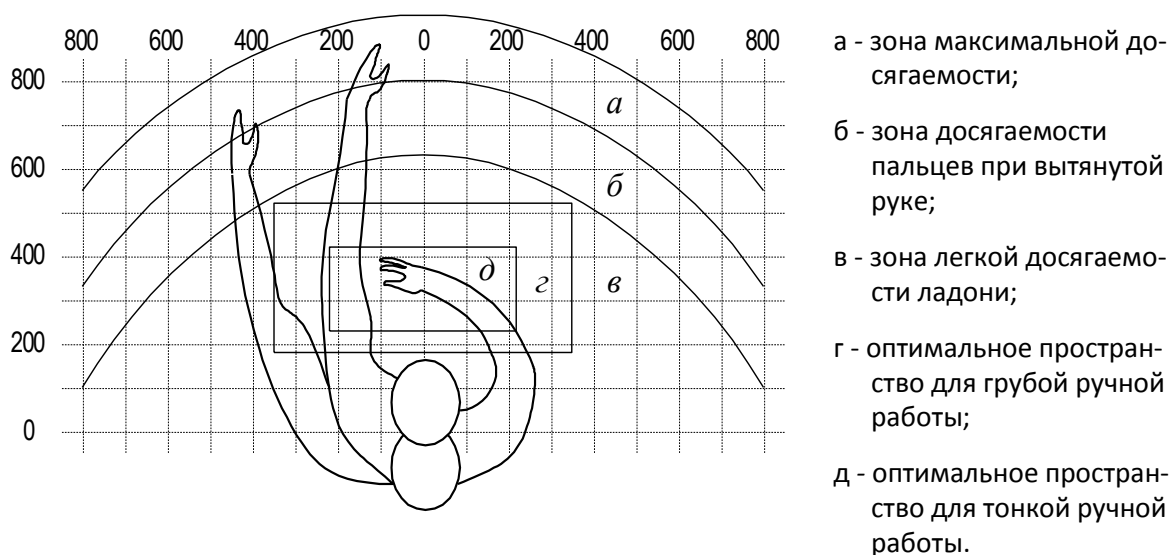


Рисунок 18 – зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

На рисунке 3 показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе разработчика.

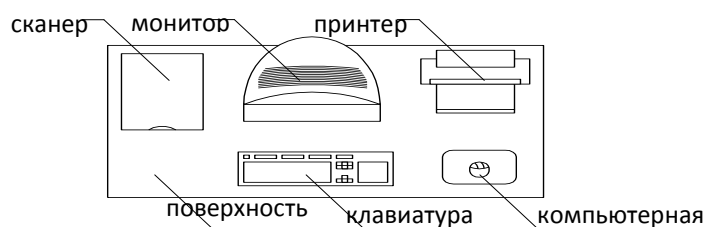


Рисунок 19 – Размещение основных и периферийных составляющих ПК

Для комфортной работы эргономика рабочего пространства должна удовлетворять следующим требованиям [11]. На рабочем месте оборудованы рабочие столы, которые соответствуют рисунку 3.

#### 4.4.2.2 Окраска и коэффициенты отражения.

В помещениях, где находится компьютер, обеспечены следующие величины коэффициента отражения для потолка 60-70, для стен 40-50, для пола около 30.

### Выводы

В ходе исследования по социальной ответственности было выявлено четыре источника вредных и опасных факторов: проектирование конструкции и расчет составных элементов стенда, разработка принципиальной электрической схемы управления стендом, сборка схемы, тестирование и настройка стенда.

Исходя из этого, были выделены и проанализированы вредные и опасные факторы. Для них были установлены средства, которые помогают защитить человека, который находится в данном помещении, от выявленных вредных и опасных факторов.

Анализу были подвергнуто влияние работы на рабочем месте на окружающую среду. Установлено, что после работы остаются бумажные отходы и перегоревшие люминесцентные лампы, которые при неправильной утилизации будут влиять на литосферу Земли. Выявлено, что отходы утилизируются согласно ГОСТ.

Кроме того, исследовались правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

В итоге, установлено, что рабочее место соответствует нормам по защищённости от вредных и опасных факторов, при работе соблюдаются правила по утилизации полученных отходов. Так же она соответствует правовым нормам и имеет соответствующую компоновку рабочей зоны.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

|        |                         |
|--------|-------------------------|
| Группа | ФИО                     |
| 8Е41   | Ралдугин Антон Павлович |

|                     |  |                           |  |
|---------------------|--|---------------------------|--|
| Школа               | Инженерная школа<br>информационных технологий<br>и робототехники | Отделение                 | Отделение автоматизации<br>и робототехники |
| Уровень образования | Бакалавриат  | Направление/специальность | 15.03.06 «Мехатроника и<br>робототехника»  |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

|  |   |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов   |   |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  |   |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|  |  |
|--|--|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | Проведение предпроектного анализа: оценка потенциальных потребителей, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.   |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований  | Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, разработка графика проведения НИИ, планирование бюджета НИИ   |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования        | Расчёт интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности для всех видов исполнения НИИ. |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

|  |  |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику |  |
|--|--|

**Задание выдал консультант:**

|                         |                            |                        |         |            |
|-------------------------|----------------------------|------------------------|---------|------------|
| Должность               | ФИО                        | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
| Доцент ОСТН<br>ШБИП ТПУ | Петухов<br>Олег Николаевич | К.Э.Н.                 |         | 24.03.2018 |

**Задание принял к исполнению студент:**

|        |                         |         |            |
|--------|-------------------------|---------|------------|
| Группа | ФИО                     | Подпись | Дата       |
| 8Е41   | Ралдугин Антон Павлович |         | 24.03.2018 |



## 5 Финансовый менеджмент

В настоящее время специалисты-робототехники являются одними из самых востребованных работников на рынке труда. Это говорит о потребности образовательных учреждений в подготовке специалистов-робототехников. В таком случае образовательное учреждение должно иметь парк роботов и лабораторных стендов, который способен удовлетворять практическим задачам для обучения студентов.

Отделение автоматизации и робототехники, входящее в состав Томского политехнического университета имеет такой парк роботов. При использовании этого парка студенты учатся программировать роботов под задачи, с которыми они могут встретиться на реальном производстве, при работе с промышленными роботами. Парк роботов используется для проведения лабораторных работ по таким предметам как «Теория автоматических систем», «Основы мехатроники и робототехники», «Технические средства в мехатронике и робототехнике».

Данный парк может пополняться собственными разработками студентов. Разработка нового лабораторного стенда поможет студентам более тщательно ознакомиться с процессами, протекающими в трубопроводах, а также использовать разработанный стенд для апробации алгоритмов управления данным стендом, что поможет применить полученные теоретические знания на практике.

**Задача проекта:** Разработать лабораторный стенд «Трубопровод»

**Основные требования:** надежность, технологичность, совместимость с имеющимся программным обеспечением.

## **5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Основными потребителями лабораторных стендов являются учебные заведения разных ступеней, которые имеют в учебной программе предметы, связанные с управлением, разработкой и программированием автоматизированных систем управления. Кроме этого данный стенд предназначен для проверки экспериментальных методов, а значит нужен для проведения научной деятельности.

Таблица 16 – Карта сегментирования рынка продаж систем навигации мобильных роботов

|                     |                               | Использование продукции    |                                |  |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--|
|                     |                               | Промышленное использование | Обучение студентов/сотрудников | Моделирование и разработка автоматизированных систем |
| Группа потребителей | Промышленные предприятия      |                            |                                |  |
|                     | ВУЗы и техникумы              |                            |                                |  |
|                     | Школьные классы робототехники |                            |                                |  |
| ТПУ                 |                               |                            |                                |  |
| «Дружба» (ЦМИТ)     |                               |                            |                                |  |
| ООО «Томская нефть» |                               |                            |                                |  |

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. В таблице 2 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Таблица 17 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

| Критерий оценки                                    | Вес критерия | Баллы |     |     | Конкурентно-способность |        |        |
|--|--------------|-------|-----|-----|-------------------------|--------|--------|
|  |              | Бф    | Бк1 | Бк2 | Кф                      | Кк1    | Кк2    |
| 1  | 2            | 3     | 4   | 5   | 6                       | 7      | 8      |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности   |              |       |     |     |                         |        |        |
| 1. Повышение производительности труда пользователя | 0,165        | 0,9   | 0,5 | 0,4 | 0,1458                  | 0,0825 | 0,066  |
| 2. Удобство в эксплуатации                         | 0,05         | 1     | 0,8 | 1   | 0,05                    | 0,04   | 0,05   |
| 3. Помехоустойчивость                              | 0,015        | 1     | 0,8 | 0,5 | 0,015                   | 0,012  | 0,0075 |

|  |          |     |     |     |        |        |        |
|--|----------|-----|-----|-----|--------|--------|--------|
| 4. Энергоэффективность                             | 0,02     | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,012  | 0,012  | 0,012  |
| 5. Надежность                                      | 0,1      | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,08   | 0,06   | 0,05   |
| 6. Уровень шума                                    | 0,025    | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,015  | 0,015  | 0,015  |
| 7. Безопасность                                    | 0,025    | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,02   | 0,02   | 0,02   |
| 8. Потребность в ресурсах памяти                   | 0,025    | 0,6 | 0,9 | 0,8 | 0,015  | 0,0225 | 0,02   |
| 9. Функциональная мощность                         | 0,025    | 1   | 1   | 1   | 0,025  | 0,025  | 0,025  |
| 10. Простота эксплуатации                          | 0,025    | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,02   | 0,02   | 0,02   |
| 11. Качество интеллектуального интерфейса          | 0,1      | 1   | 0,5 | 0   | 0,1    | 0,05   | 0      |
| 12. Возможность подключения в сеть ЭВМ             | 0,025    | 1   | 1   | 1   | 0,025  | 0,025  | 0,025  |
| <b>Экономические критерии оценки эффективности</b> |          |     |     |     |        |        |        |
| 1. Конкурентоспособность продукта                  | 0,1      | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,04   | 0,06   | 0,08   |
| 2. Уровень проникновения на рынок                  | 0,05     | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,01   | 0,025  | 0,035  |
| 3. Цена  | 0,1      | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,06   | 0,08   | 0,09   |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации                | 0,05     | 1   | 0,6 | 0,6 | 0,05   | 0,03   | 0,03   |
| 5. Послепродажное обслуживание                     | 0,025    | 0   | 0   | 0   | 0      | 0      | 0      |
| 6. Финансирование научной разработки               | 0,025    | 0   | 0   | 0   | 0      | 0      | 0      |
| 7. Срок выхода на рынок                            | 0,025    | 0,5 | 1   | 1   | 0,0125 | 0,025  | 0,025  |
| 8. Наличие сертификации разработки                 | 0,025    | 0   | 1   | 1   | 0      | 0,025  | 0,025  |
| <b>Итого</b>                                       | <b>1</b> |     |     |     | 0,6953 | 0,629  | 0,5955 |

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: повышение производительности, повышение надежности и безопасности, простота эксплуатации.

### 5.1.3 SWOT-анализ

Далее исследуем внутренние и внешне свойства среды данного проекта с помощью методики SWOT-анализа. Матрица SWOT-анализа (таблица 3) описывает сильные и слабые стороны проекта, а так же показывает возможности и угрозы для его реализации.

Первым этапом будут выявляться сильные и слабые стороны разработки относительно внешних условий среды. С помощью этих соответствий будет возможно определить степень проведения стратегических изменений. Для отслеживания этих изменений построим интерактивные матрицы разработки (таблица 8-11).

Таблица 18 – SWOT-анализ

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b><br>С1. Интуитивно понятный интерфейс управления.<br>С2. Низкая стоимость производства.<br>С3. Обеспечение безопасности управления. | <b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b><br>Сл1. Отсутствие реализации действий физических законов в разработке.<br>Сл2. Отсутствие тестирования разработки в не лабораторных условиях. |
|--|--|---|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | С4. Высокая совместимость разработки с другими программными продуктами.<br>С5. Наличие бюджетного финансирования.<br>С6. Квалифицированный персонал.   | Сл3. Отсутствие востребованности на российском рынке<br>Сл4. Наличие только лишь бюджетного финансирования.  |
| <b>Возможности:</b><br>В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт.<br>В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.<br>В3. Получение дополнительных грантов и финансирование из внебюджетных средств.<br>В4. Выход на международный рынок робототехники.   | В1С1С2С3 – Проявление особого внимания ключевым особенностям продукта<br>В2С2С5 – Увеличение доходов предприятия, дальнейшие разработки<br>В3С2С4 – Уменьшение стоимости производства<br>В4С5С6 – Активное участие в конкурсах на гранты   | В1В5Сл3Сл4 – Расширение на иностранные рынки внутри страны<br>В2Сл1Сл2Сл3 – Организация малого инновационного предприятия в рамках вуза<br>В3Сл4 – Уменьшение стоимости производства, демпинг цен<br>В4Сл1Сл2 – Активное участие в конкурсах на гранты   |
| <b>Угрозы:</b><br>У1. Отсутствие спроса на новую разработку<br>У2. Появление на рынке новых конкурентов<br>У3. Ограничения на экспорт разработки<br>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции<br>У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства<br>У6. Текучка кадров и потеря важных сотрудников | У1С1С2С3 – Проведение демонстраций работы мобильной платформы в не лабораторных условиях<br>У2С2С4 – Демпинг цен<br>У3С2С4С5 – Участие в гос. контрактах, ориентация на внутренний рынок<br>У4С3С6 – Сертификация продукции и введение системы контроля качества<br>У5У6С6 – Подготовка специалистов, активная работа по привлечению студентов | У1Сл4 – Проведение демонстраций работы мобильной платформы<br>У2Сл1Сл2Сл3Сл4 – Продажа интеллектуальной собственности<br>У3Сл4 – Участие в гос. контрактах<br>У4Сл1 – Ускорение темпов разработки<br>У5Сл3 – Введение предоплаты заказа, участие в конкурсах грантовой поддержки<br>У6Сл1Сл2 – Привлечение студентов |

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Возможности проекта     |    | С1 | С2 | С3 | С4 | С5 | С6 |
|                         | В1 | +  | +  | +  | -  | -  | -  |
|                         | В2 | -  | +  | -  | -  | +  | -  |
|                         | В3 | -  | +  | -  | +  | -  | -  |
|                         | В4 | +  | -  | -  | +  | -  | +  |

Направления реализации проекта: В1С1С2С3, В2С2С5, В3С2С4, В4С5С6.

Таблица 20 – Интерактивная матрица проекта

| Слабые стороны проекта |    |     |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| Возможности проекта    |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 |
|                        | В1 | -   | -   | +   | +   |
|                        | В2 | +   | +   | +   | -   |
|                        | В3 | -   | -   | -   | +   |
|                        | В4 | +   | +   | -   | -   |

Направления реализации проекта: В1Сл3Сл4, В2Сл1Сл2Сл3, В3Сл4, В4Сл1Сл2.

Таблица 21 – Интерактивная матрица проекта

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Угрозы проекта          |    | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|                         | У1 | +  | +  | +  | -  | -  | -  |
|                         | У2 | -  | +  | -  | +  | -  | -  |
|                         | У3 | -  | +  | -  | +  | +  | -  |
|                         | У4 | -  | -  | +  | -  | -  | +  |
|                         | У5 | -  | -  | -  | -  | -  | +  |
|                         | У6 | -  | -  | -  | -  | -  | +  |

Направления реализации проекта: У1С1С2С3, У2С2С4, У3С2С4С5, У4С3С6, У5У6С6.

Таблица 22 – Интерактивная матрица проекта

| Слабые стороны проекта |    |     |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| Угрозы проекта         |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 |
|                        | У1 | -   | -   | -   | +   |
|                        | У2 | +   | +   | +   | +   |
|                        | У3 | -   | -   | -   | +   |
|                        | У4 | +   | -   | -   | -   |
|                        | У5 | -   | -   | +   | -   |
|                        | У6 | +   | +   | -   | -   |

Направления реализации проекта: У1Сл4, У2Сл1Сл2Сл3Сл4, У3Сл4, У4Сл1, У5Сл3, У6Сл1Сл2.

## 5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения возможных альтернатив проведения научных исследований воспользуемся морфологическим методом и составляется морфологическая матрица (таблица 8).

Таблица 23 – Морфологическая матрица для лабораторного стенда

| №п/п |                            | 1            | 2                      | 3                                 |
|------|----------------------------|--------------|------------------------|-----------------------------------|
| А    | Материал стенда            | Сталь        | Оцинкованная сталь     | Чугун                             |
| Б    | Насос                      | Центробежный | Вихревой               | Центробежный хим. защищенный      |
| В    | Задвижка электродвигателем | Поворотная   | Шибберная              | Клиновная                         |
| Г    | Вычислительное устройство  | Компьютер    | ПЛК                    | Микрокомпьютер ARM                |
| Д    | Дополнительные устройства  | Отсутствуют  | Дополнительные датчики | Дополнительные вычисл. устройства |

По морфологической матрице, можно предложить три варианта решения поставленной технической задачи. В рамках бакалаврской работы разрабатывается учебный стенд «Трубопровод», поэтому количество возможных вариантов исполнения системы уменьшается.

Выберем три варианта:

вариант 1 – А1Б2В3Г2Д1 – Стальной трубопроводный стенд с центробежными насосами и поворотными задвижками, ПК.

вариант 2 – А1Б1В1Г1Д1 – Трубопроводный стенд из оцинкованной стали, вихревыми насосами и шиберными задвижками, ПЛК.

вариант 3 – А1Б2В3Г1Д3 – Трубопроводный стенд из чугуна, защищенными центробежными насосами и клиновыми задвижками, ПК.

### 5.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научного исследования формируется рабочая группа, в состав которой входят студент-дипломник и один руководитель. Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы   | № Раб | Содержание работ  | Должность исполнителя |
|--|-------|---|-----------------------|
| Разработка технического задания                          | 1     | Составление и утверждение технического задания  | Руководитель, студент |
| Выбор направления Исследований                           | 2     | Подбор и изучение материалов по теме  | Студент               |
|  | 3     | Проведение патентных исследований   | Студент               |
|  | 4     | Календарное планирование работ по теме  | Руководитель          |
| Теоретические исследования                               | 5     | Проведение теоретических расчетов и обоснований   | Студент               |
| Обобщение и оценка результатов                           | 6     | Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ОКР | Руководитель, студент |
| <i>Проведение ОКР</i>                                    |       |   |                       |
| Разработка технической документации и проектирование     | 7     | Разработка блок-схемы, принципиальной и функциональной схемы                              | Студент               |
|  | 8     | Выбор и расчет конструкции  | Студент               |
|  | 9     | Проверка правильности оформления технической документации                                 | Руководитель          |
| Изготовление и испытание макета (опытного образца)       | 10    | Сборка опытного образца системы   | Студент               |
|  | 11    | Лабораторные испытания системы  | Студент, Руководитель |
| Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР) | 12    | Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)              | Студент               |
|  | 13    | Проверка работы   | Руководитель          |

### 5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки – это трудовые затраты. Для определения трудоемкости составим таблицу 25, в ней будем рассчитывать показатели по приведенным ниже формулам.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется две оценки:  $t_{min}$  и  $t_{max}$  (метод двух оценок).

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где  $t_{min}$  – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;  $t_{max}$  – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ож_i}}{Ч_i},$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;  $t_{ож_i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн;  $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

$$T_{k_i} = T_{p_i} \cdot k_{кал},$$

где  $T_{k_i}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  $T_{p_i}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;  $T_{вых}$  – количество выходных дней в году;  $T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.



Выполнение работ приведенных в таблице 8 требует следующий персонал: студент, научный руководитель.

### **5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования**

Для построения ленточного графика работ определим максимальное по длительности исполнение. Это исполнение номер 2, и время его исполнения составит 117 дней.

Календарный план-график представлен в таблице 26.
















Принятые обозначения:  – руководитель,  – студент.

Таблица 25 – Временные показатели проведения научного исследования

| №<br>Работы | Трудоёмкость работ   |       |       |                      |       |       |                       |       |       | Исполнители | Длительность работ в рабочих днях<br>$T_{pi}$ |       |       | Длительность работ в календарных днях<br>$T_{ki}$ |       |       |     |    |
|-------------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------------|---|-------|-------|---|-------|-------|-----|----|
|             | $t_{\min}$ , чел-дни |       |       | $t_{\max}$ , чел-дни |       |       | $t_{ож\ i}$ , чел-дни |       |       |             | Вар.1   | Вар.2 | Вар.3 | Вар.1   | Вар.2 | Вар.3 |     |    |
|             | Вар.1                | Вар.2 | Вар.3 | Вар.1                | Вар.2 | Вар.3 | Вар.1                 | Вар.2 | Вар.3 |             |   |       |       |   |       |       |     |    |
| 1           | 3                    | 3     | 3     | 5                    | 5     | 5     | 3.8                   | 3.8   | 3.8   | Р, С        | Р, С  | Р, С  | 1.9   | 1.9   | 1.9   | 3     | 3   | 3  |
| 2           | 3                    | 7     | 5     | 5                    | 9     | 7     | 3.8                   | 7.8   | 5.8   | С           | С   | С     | 3.8   | 7.8   | 5.8   | 6     | 12  | 9  |
| 3           | 2                    | 2     | 2     | 4                    | 4     | 4     | 2.8                   | 2.8   | 2.8   | С           | С   | С     | 2.8   | 2.8   | 2.8   | 4     | 4   | 4  |
| 4           | 1                    | 1     | 1     | 2                    | 2     | 2     | 1.4                   | 1.4   | 1.4   | Р           | Р   | Р     | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 2     | 2   | 2  |
| 5           | 3                    | 7     | 5     | 5                    | 9     | 7     | 3.8                   | 7.8   | 5.8   | С           | С   | С     | 3.8   | 7.8   | 5.8   | 6     | 12  | 9  |
| 6           | 1                    | 1     | 1     | 2                    | 2     | 2     | 1.4                   | 1.4   | 1.4   | Р, С        | Р, С  | Р, С  | 0.7   | 0.7   | 0.7   | 1     | 1   | 1  |
| 7           | 3                    | 7     | 7     | 7                    | 14    | 14    | 4.6                   | 9.8   | 9.8   | С           | С   | С     | 4.6   | 9.8   | 9.8   | 7     | 14  | 14 |
| 8           | 2                    | 7     | 5     | 5                    | 9     | 8     | 3.2                   | 7.8   | 6.2   | С           | С   | С     | 3.2   | 7.8   | 6.2   | 5     | 12  | 9  |
| 9           | 1                    | 1     | 1     | 2                    | 2     | 2     | 1.4                   | 1.4   | 1.4   | Р           | Р   | Р     | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 2     | 2   | 2  |
| 10          | 8                    | 20    | 10    | 10                   | 22    | 12    | 8.8                   | 20.8  | 10.8  | С           | С   | С     | 8.8   | 20.8  | 10.8  | 13    | 31  | 16 |
| 11          | 5                    | 5     | 5     | 7                    | 7     | 7     | 5.8                   | 5.8   | 5.8   | С           | С   | С     | 5.8   | 5.8   | 5.8   | 9     | 9   | 9  |
| 12          | 3                    | 5     | 4     | 5                    | 7     | 6     | 3.8                   | 5.8   | 4.8   | С           | С   | С     | 3.8   | 5.8   | 4.8   | 6     | 9   | 7  |
| 13          | 3                    | 3     | 3     | 5                    | 5     | 5     | 3.8                   | 3.8   | 3.8   | Р           | Р   | Р     | 3.8   | 3.8   | 3.8   | 6     | 6   | 6  |
| Итого       |                      |       |       |                      |       |       |                       |       |       |             |   |       |       |   |       | 70    | 117 | 91 |

Таблица 26 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

| № работы | Вид работы  | $T_{ki}$ | Исполнители | Февраль  |   |   | Март  |   |   | Апрель  |   |   | Май   |   |   |
|----------|---|----------|-------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|          |   |          |             | 1  | 2   | 3   | 1   | 2   | 3   | 1   | 2 | 3 | 1   | 2   | 3 |
| 1        | Составление и утверждение технического задания  | 3        | Р, С        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2        | Подбор и изучение материалов по теме  | 12       | С           |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3        | Проведение патентных исследований   | 4        | С           |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4        | Календарное планирование работ по теме  | 2        | Р           |  |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5        | Проведение теоретических расчетов и обоснований   | 12       | С           |  |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6        | Оценка эффективности полученных результатов и определение целесообразности проведения ОКР | 1        | Р, С        |  |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7        | Разработка блок-схемы, принципиальной и функциональной схемы                              | 14       | С           |  |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8        | Выбор и расчет конструкции  | 12       | С           |  |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 9        | Проверка правильности оформления технической документации                                 | 2        | Р           |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |
| 10       | Сборка опытного образца системы   | 31       | С           |  |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |
| 11       | Лабораторные испытания системы  | 9        | С           |  |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |
| 12       | Составление пояснительной записки   | 9        | С           |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |
| 13       | Проверка работы   | 6        | Р           |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |

### 5.3.4 Бюджет научно-технического исследования

#### 5.3.4.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi},$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;  $N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг и т.д.);  $\Pi_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг и т.д.);  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, прием равным 15%. Расчеты представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Материальные затраты

| Наименование                          | Единица измерения | Количество |       |       | Цена за ед., руб. |            |            | Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб. |                    |                    |
|---------------------------------------|-------------------|------------|-------|-------|-------------------|------------|------------|---|--------------------|--------------------|
|                                       |                   | Вар.1      | Вар.2 | Вар.3 | Вар.1             | Вар.2      | Вар.3      | Исп.1   | Исп.2              | Исп.3              |
| Корпус стенда                         | Шт.               | 1          | 1     | 1     | 12000<br>0        | 20000<br>0 | 30000<br>0 | 12000<br>0                                    | 20000<br>0         | 30000<br>0         |
| Насосы                                | Шт.               | 2          | 1     | 2     | 24000             | 12000      | 24000      | 24000   | 12000              | 24000              |
| Манометр + электромагнитный клапан    | Шт.               | 2          | 2     | 2     | 16000             | 16000      | 16000      | 16000   | 16000              | 16000              |
| Задвижки с электроприводом            | Шт.               | 2          | 2     | 2     | 24000             | 24000      | 24000      | 24000   | 24000              | 24000              |
| Компьютер                             | Шт.               | 1          | 1     | 1     | 0                 | 50000      | 50000      | 50000   | 50000              | 50000              |
| Программируемый логический контроллер | Шт.               | 1          | 1     | 1     | 20000             | 0          | 20000      | 20000   | 20000              | 20000              |
| Итого                                 |                   |            |       |       |                   |            |            | <b>25400<br/>0</b>                            | <b>32200<br/>0</b> | <b>43400<br/>0</b> |

### 5.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

| № п/п  | Наименование оборудования | Кол-во единиц оборудования |       |       | Цена единицы оборудования, тыс. руб. |       |       | Общая стоимость оборудования, тыс. руб. |       |       |
|--------|---------------------------|----------------------------|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|---|-------|-------|
|        |                           | Вар.1                      | Вар.2 | Вар.3 | Вар.1                                | Вар.2 | Вар.3 | Вар.1                                   | Вар.2 | Вар.3 |
| 1.     | Паяльная станция          | 1                          | 1     | 1     | 5000                                 | 5000  | 5000  | 5000                                    | 5000  | 5000  |
| 2.     | Компрессор                | 1                          | 1     | 1     | 10000                                | 10000 | 10000 | 10000                                   | 10000 | 10000 |
| 4.     | Мультиметр                | 1                          | 1     | 1     | 3000                                 | 3000  | 3000  | 3000                                    | 3000  | 3000  |
| Итого: |                           |                            |       |       |                                      |       |       | 18000                                   | 18000 | 18000 |

### 5.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;  $З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p ,$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 9);  $З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}},$$

где  $З_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $М$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $М = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 29).

Таблица 29 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени                  | Руководитель | Студент |
|--|--------------|---------|
| Календарное число дней                       | 365          | 365     |
| Количество нерабочих дней                    |              |         |
| - выходные дни                               | 118          | 118     |
| - праздничные дни                            |              |         |
| Потери рабочего времени                      |              |         |
| - отпуск                                     | 24           | 24      |
| - невыходы по болезни                        |              |         |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 223          | 223     |

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где  $З_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $З_{\text{тс}}$ );  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $З_{\text{тс}}$ );  $k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 30.

Таблица 30 – Расчёт основной заработной платы

| Вар. | Исполнители  | Разряд | $k_t$ | $З_{тс},$<br>руб. | $k_{пр}$ | $k_d$ | $k_p$ | $З_m,$<br>Руб | $З_{дн},$<br>руб. | $T_{д.}$<br>раб.<br>дн. | $З_{осн},$<br>руб. |
|------|--------------|--------|-------|-------------------|----------|-------|-------|---------------|-------------------|-------------------------|--------------------|
| 1    | Руководитель | 10     | 2,047 | 14584             | 0,3      | 0,15  | 1,3   | 27490         | 1385              | 14                      | 19413              |
|      | Студент      | 1      | 1     | 7800              | 0,3      | 0,15  | 1,3   | 14703         | 738               | 57                      | 42066              |
|      | Итого        |        |       |                   |          |       |       |               |                   |                         | 61479              |
| 2    | Руководитель | 10     | 2,047 | 14584             | 0,3      | 0,15  | 1,3   | 27490         | 1385              | 14                      | 19413              |
|      | Студент      | 1      | 1     | 7800              | 0,3      | 0,15  | 1,3   | 14703         | 738               | 104                     | 76752              |
|      | Итого        |        |       |                   |          |       |       |               |                   |                         | 96165              |
| 3    | Руководитель | 10     | 2,047 | 14584             | 0,3      | 0,15  | 1,3   | 27490         | 1385              | 14                      | 19413              |
|      | Студент      | 1      | 1     | 7800              | 0,3      | 0,15  | 1,3   | 14703         | 738               | 78                      | 54564              |
|      | Итого        |        |       |                   |          |       |       |               |                   |                         | 73977              |

#### 5.3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн},$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Примем коэффициент равный 0,12. Результаты расчета приведены в таблице 31.

Таблица 31– Дополнительная заработная плата

| Исполнители  | Дополнительная заработная плата, руб. |           |           |
|--------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|              | Вариант 1                             | Вариант 2 | Вариант 3 |
| Руководитель | 1410                                  | 1410      | 1410      |
| Студент      | 2805                                  | 5117      | 3838      |
| Итого        | 4215                                  | 6527      | 5248      |

#### 5.3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).  
Результаты расчета приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель                                     | Основная заработная плата, руб. |       |       | Полная заработная плата, руб. |       |       |
|---|---------------------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|
|   | Вар.1                           | Вар.2 | Вар.3 | Вар.1                         | Вар.2 | Вар.3 |
| Руководитель проекта                            | 19413                           | 19413 | 19413 | 20823                         | 20823 | 20823 |
| Студент   | 42066                           | 76752 | 54564 | 44871                         | 81869 | 58402 |
| Коэффициент отчислений<br>во внебюджетные фонды | 0,271                           |       |       |                               |       |       |
| Итого   |                                 |       |       |                               |       |       |
| Вариант 1                                       | 17803                           |       |       |                               |       |       |
| Вариант 2                                       | 27830                           |       |       |                               |       |       |
| Вариант 3                                       | 21470                           |       |       |                               |       |       |

#### 5.3.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Разработка создается в пределах Томского политехнического университета для отделения автоматизации и робототехники. Командировки возможны лишь, при условии продвижения полученного комплекса в другие ВУЗы.

#### 5.3.4.7 Контрагентные расходы

На данном этапе невозможно оценить влияние контрагентных расходов на проект.

#### 5.3.4.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.



Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Вариант 1 =  $(254000+18000+20823+44871+17803)*0,16=59631,2$

Вариант 2 =  $(322000+18000+20823+81869+27830)*0,16=70511,2$

Вариант 3 =  $(434000+18000+20823+58402+21470)*0,16=88431,2$

#### **5.3.4.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 33.

Таблица 33 – Расчет бюджета затрат научно-технического исследования

| Наименование статьи  | Сумма, руб. |          |          | Примечание            |
|--|-------------|----------|----------|-----------------------|
|  | Вар.1       | Вар.2    | Вар.3    |                       |
| 1. Материальные затраты НТИ  | 254000      | 322000   | 434000   | Пункт 3.4.1           |
| 2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 18000       | 18000    | 18000    | Пункт 3.4.2           |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы                    | 61479       | 96165    | 73977    | Пункт 3.4.3           |
| 4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы              | 4215        | 6527     | 5248     | Пункт 3.4.4           |
| 5. Отчисления во внебюджетные фонды  | 17803       | 27830    | 21470    | Пункт 3.4.5           |
| 6. Затраты на научные и производственные командировки                        | 0           | 0        | 0        | Пункт 3.4.6           |
| 7. Контрагентные расходы   | 0           | 0        | 0        | Пункт 3.4.7           |
| 8. Накладные расходы   | 59631,2     | 70511,2  | 88431,2  | 16 % от суммы ст. 1-7 |
| 9. Бюджет затрат НТИ   | 415128,2    | 541033,2 | 641126,2 | Сумма ст. 1- 8        |

#### **5.3.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. таблицу 30). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи

принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Максимальная стоимость составляет 641 126,2 руб., следовательно:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = 0,647,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = 0,844,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b_i^a$ ,  $b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  $n$  – число параметров сравнения.

Таблица 34 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии \ Объект исследования | Весовой коэффициент параметра | Вар.1 | Вар.2 | Вар.3 |
|--------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|
| 1. Точность                    | 0.4                           | 5     | 3     | 3     |
| 2. Быстродействие              | 0.2                           | 5     | 5     | 4     |

|                     |      |   |   |   |
|---------------------|------|---|---|---|
| 3. Удобство         | 0.15 | 5 | 5 | 3 |
| 4. Функциональность | 0.2  | 5 | 3 | 4 |
| 5. Интерфейс        | 0.15 | 5 | 5 | 3 |
| ИТОГО               | 1    |   |   |   |

$$I_{p-исп1} = 5*0,4 + 5*0,2 + 5*0,15 + 5*0,2 + 5*0,15 = 5,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3*0,4 + 5*0,2 + 5*0,15 + 3*0,2 + 5*0,15 = 4,3;$$

$$I_{p-исп3} = 3*0,4 + 4*0,2 + 3*0,15 + 4*0,2 + 3*0,15 = 3,7.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i.}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп.1}^{финр}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{исп.2}^{финр}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблицу 35) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Таблица 35 – Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели  | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 |
|-------|---|-------|-------|-------|
| 1     | Интегральный финансовый показатель разработки           | 0,647 | 0,844 | 1     |
| 2     | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 5,5   | 4,3   | 3,7   |
| 3     | Интегральный показатель эффективности                   | 8,5   | 4,3   | 3,9   |

Как видно из сравнения интегральных показателей, наиболее эффективным с позиции финансовой и ресурсной эффективности является первое исполнение лабораторного стенда «Трубопровод».

## **Заключение**

В результате выпускной квалификационной работы был разработан лабораторный стенд «Трубопровод».

Для решения поставленной задачи было проведено моделирование стенда в САПР Autodesk Inventor, выполнен гидравлический расчет для системы трубопровода и на его основе были выбраны материал стенда и подходящие насосы. Была разработана электрическая схема стенда и осуществлен подбор составляющих компонентов. Произведен монтаж всех элементов системы и проверена её работоспособность.

В дальнейшем, разработанный стенд будет оборудован более сложной системой управления в виде программируемого логического контроллера и соответствующего программного обеспечения. Кроме того, будут проведены исследования метода обнаружения утечки основанного на разности во времени давления и тестирование регистрирующих датчиков.

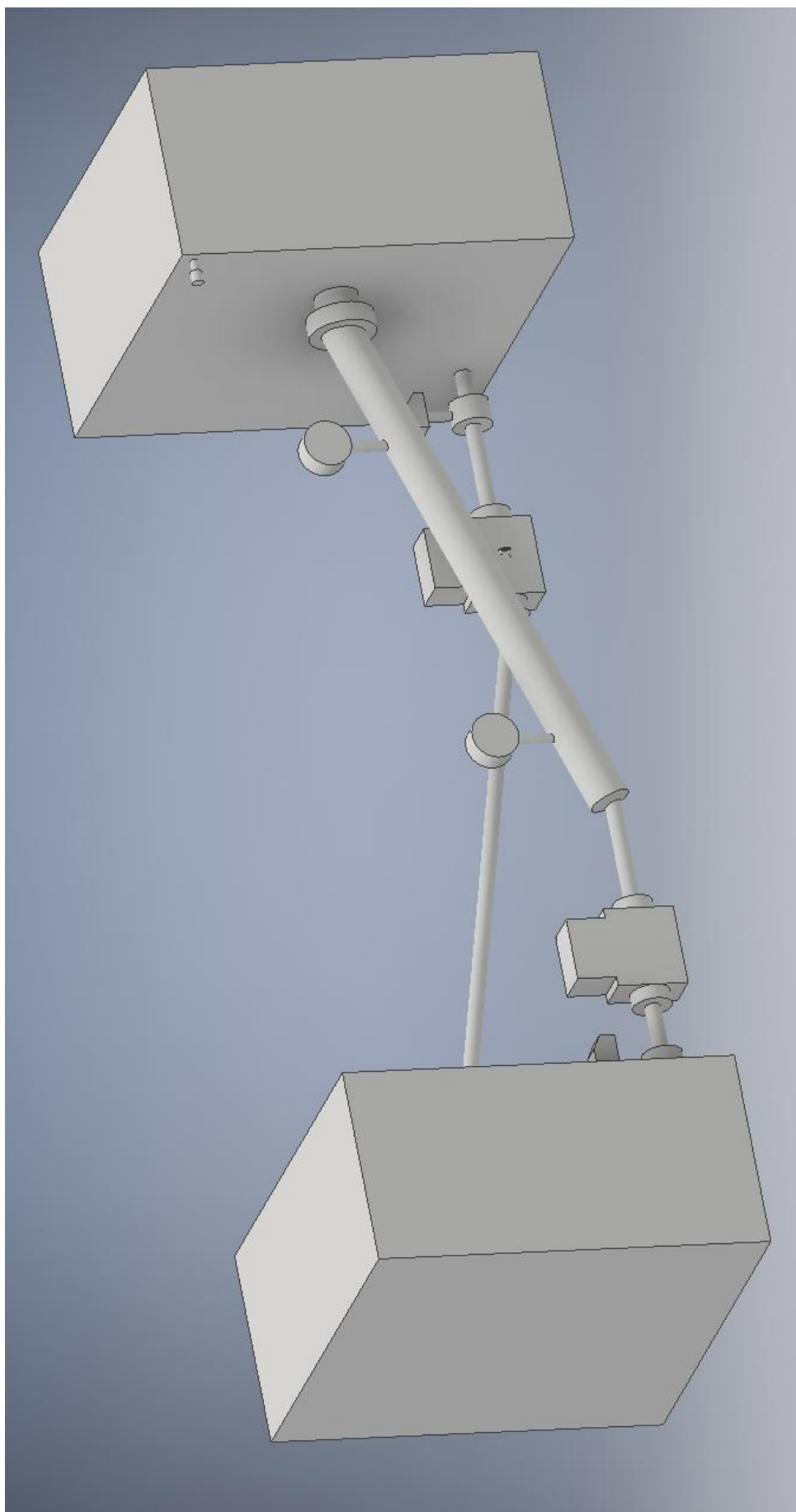
## Список использованных источников

1. Мамонова Т. Е. Метод определения утечки из нефтепровода, основанный на разности во времени давления / Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2013. Т. 323. № 1. С. 216-219.
2. Васильева Т. Н., Мамонова Т. Е. Применение методов искусственного интеллекта // Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XII Международной научнопрактической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2014. С. 402-403.
3. Kingsley E. Abhulimen, Alfred A. Susu. Liquid pipeline leak detection system: model development and numerical simulation. Chemical Engineering Department, Nigeria, Lagos: University of Lagos, 2002. – 51 p.
4. Мамонова Т.Е. Методы диагностики линейной части нефтепроводов для обнаружения утечек // Проблемы информатики. – 2012, Вып. спецвыпуск. – С. 103–112.
5. Гидравлический расчет трубопроводов. Расчет диаметра трубопровода. Подбор трубопроводов. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ence-pumps.ru/truboprovody.php> (дата обращения 13.04.2018 г.).
6. Основные технические показатели насосов: [Электронный ресурс]. URL: [http://www.techgidravlika.ru/view\\_post.php?id=33](http://www.techgidravlika.ru/view_post.php?id=33) (Дата обращения 20.04.2018).
7. Определение потерь напора. [Электронный ресурс]. – URL: <http://3ys.ru/gidravlika/opredelenie-poternapora.html> (дата обращения 13.04.2018 г.).
8. Кидалов Н.А., Князева А.С. Расчет гидродинамических характеристик трубопровода и выбор мощностей насосов для подачи водно-глинистых суспензий. // Ползуновский альманах. – 2015. – №5. С. 121 – 125.

9. Карелин В.Я. Минаев А.В. Насосы и насосные станции: учебник / В. Я. Карелин, А. В. Минаев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Бастет, 2010. – 448 с.
10. Насос К 8-18 консольный горизонтальный. [Электронный ресурс]. – URL: <http://ufk-techno.ru/1499.htm> (Дата обращения 18.04.2018 г.).
11. Насосное оборудование. ENSI 32 GDLF4-20 [Электронный ресурс]. URL: <http://tompc.ru/product/ensi-32-gdlf4-20/> (Дата обращения 15.04.2018)
12. Ковардаков А.В. Влияние параметров технологического процесса на величину возможных отклонений давления в установившемся режиме / А.В. Ковардаков, Л. Р. Лукманов, А.М. Ширяев // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, 2011 - №3 – с. 46-49
13. Коршак А.А. Технологический расчет магистрального нефтепровода: учебное пособие / А. А. Коршак, Е. М. Муфтахов — Уфа: ООО "ДизайнПолиграфСервис", 2005. — 98 с.
14. Бабков А.В. Автоматизированная система обнаружения утечек нефти и нефтепродуктов из магистральных трубопроводов : автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.13.06 / Бабков Александр Валерьевич. М. 2002. – 22 с.
15. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
17. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы.
18. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
19. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
20. ГОСТ 30494—2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
21. ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.

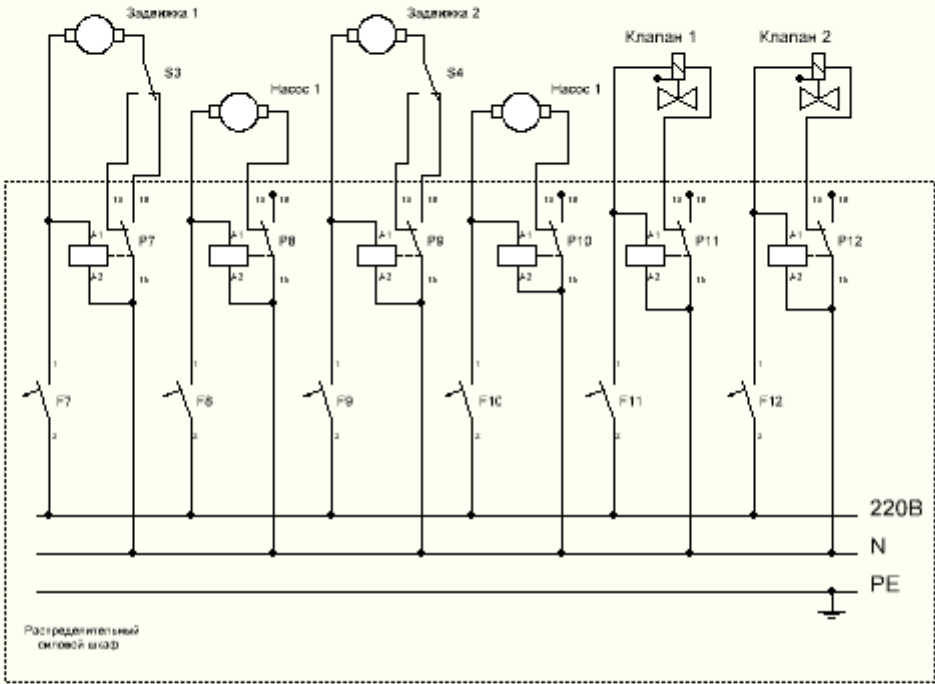
22. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
23. Инструкция по организации работ, охране труда и экологической безопасности при работе на ПЭВМ /ПК/ в издательствах и на полиграфических предприятиях Госкомпечати России.
24. ГОСТ Р 50377-92 (МЭК 950-86) Безопасность оборудования информационной технологии, включая электрическое контрольное оборудование.
25. Федеральный закон об отходах производства и потребления.
26. Технический регламент «о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] / Единая справочная служба Консорциума «Кодекс». – URL: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2065/docs/>, свободный – Загл. с экрана. Язык русс. Дата обращения: 3.04.2018 г.
27. ГОСТ 12.1.005-88 Воздух рабочей зоны Общие санитарно-гигиенические требования.
28. Закон Российской Федерации "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30 декабря 2001 г. № N 197-ФЗ // Российская газета.
29. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила выполнения электрических схем

**Приложение А**  
3D модель стенда





Приложение Б

|   |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
|---|---|---------------|----------|---------|------|-------|---------|---|--|--|--------|--|----------|
| Перв. примен.   | ФЮРА.426487.01.3А   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
|   |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| Справ. №  |  |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
|   |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| Подп. и дата  |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| Изм. № дубл.  |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| Взам. инв. №  |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| Подп. и дата  |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| Изм. № подл.  | Изм   | Лист          | № докум. | Подпись | Дата |       |         |   |  |  |        |  |          |
|   | Разраб.   | Радугин А.П.  |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
|   | Провер.   | Манонова Т.Е. |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
|   | Т. контр.   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
|   | Реценз.   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
|   | Н. контр.   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
|   | Утверд.   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| ФЮРА.426487.01.3А   |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| Электрическая принципиальная схема  |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| <table border="1"><tr><td>Лит</td><td>Масса</td><td>Масштаб</td></tr><tr><td>у</td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="2">Лист 1</td><td>Листов 1</td></tr></table> |   |               |          |         | Лит  | Масса | Масштаб | у |  |  | Лист 1 |  | Листов 1 |
| Лит   | Масса   | Масштаб       |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| у   |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| Лист 1  |   | Листов 1      |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |
| ТПУ ИШИТР группа 8Е41   |   |               |          |         |      |       |         |   |  |  |        |  |          |